



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN *DATA RECONCILIATION*
MONITORING SYSTEM PADA *MINI PLANT*
SEAWATER REVERSE OSMOSIS BERBASIS
ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Ade Setyo Nugroho
NRP 2412.031.028

Dosen Pembimbing
Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19710702 199802 1 001

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN *DATA RECONCILIATION*
MONITORING SYSTEM PADA *MINI PLANT*
SEAWATER REVERSE OSMOSIS BERBASIS
ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Ade Setyo Nugroho
NRP 2412.031.028

Dosen Pembimbing
Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19710702 199802 1 001

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT TF 145565

***DESIGN BUILD DATA RECONCILIATION
MONITORING SYSTEM ON MINI PLANT
SEAWATER REVERSE OSMOSIS BASED
ARDUINO IN WORKSHOP INSTRUMENTATION***

**Ade Setyo Nugroho
NRP 2412.031.028**

***Supervisor*
Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19710702 199802 1 001**

***STUDY PROGRAM OF D3 METROLOGY AND INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015***

**RANCANG BANGUN DATA RECONCILIATION
MONITORING SYSTEM PADA SEAWATER REVERSE
OSMOSIS BERBASIS ARDUINO DI
WORKSHOP INSTRUMENTASI**

TUGAS AKHIR

Oleh :

**Ade Setyo Nugroho
NRP. 2412 031 028**

**Surabaya, 14 Juli 2015
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing



**Totok Ruki Bivanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19710702 199802 1 001**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS**

**Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Totok Sochartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**RANCANG BANGUN DATA RECONCILIATION
MONITORING SYSTEM PADA SEAWATER REVERSE
OSMOSIS BERBASIS ARDUINO DI
WORKSHOP INSTRUMENTASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi DIII Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Ade Setyo Nugroho
NRP. 2412 031 028

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D. (Dosen Pembimbing)
2. Fitri Adi Iskandarianto, S.T., M.T. (Ketua Tim Penguji)
3. Dr. Dhany Arifianto, S.T., M.Eng. (Dosen Penguji 1)
4. Arief Abdurrahman, S.T., M.T. (Dosen Penguji 2)

**SURABAYA
14 JULI 2015**

RANCANG BANGUN *DATA RECONCILIATION* MONITORING SYSTEM PADA MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS BERBASIS ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI

Nama Mahasiswa : Ade Setyo Nugroho
NRP : 2412 031 028
Program Studi : DIII Metrologi dan Instrumentasi,
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Salah satu kebutuhan pokok sehari - hari makhluk hidup di dunia ini yang tidak dapat terpisahkan adalah air. Sumber air yang secara kuantitas tidak terbatas adalah air laut. Selain untuk kebutuhan sehari – hari, Manusia juga menggunakan air untuk membuat suatu produk di dalam industri. Akan tetapi, semakin lama berbagai kegiatan yang dilakukan manusia menyebabkan polusi pada air laut. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan *seawater reverse osmosis*. Alat ini menggunakan metode penyaringan berbagai molekul besar dan ion – ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan tersebut hingga melewati membran *semipermeabel*. Akan tetapi semua sistem pada sebuah alat pasti tidak akan bisa memiliki hasil yang maksimal. Untuk itu diperlukan suatu teknik untuk mengoptimalkan sistem tersebut yaitu dengan teknik data rekonsiliasi. Setelah melakukan metode data rekonsiliasi didapatkan nilai rata – rata sebesar 12,995. Untuk flow out 1 yaitu aliran yang tidak lolos filter didapatkan nilai rata – rata sebesar 7,426832. Sedangkan nilai flow out 2 yaitu aliran yang lolos filter didapatkan nilai rata – rata sebesar 5,56817 dan memiliki selisih data sebesar 0. Sehingga membuat sistem menjadi seimbang.

Kata kunci : Air, *Seawater Reverse Osmosis*, Data Rekonsiliasi

DESIGN BUILD DATA RECONCILIATION MONITORING SYSTEM ON MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS BASED ARDUINO IN WORKSHOP INSTRUMENTATION

Student Name : Ade Setyo Nugroho
NRP : 2412 031 028
Study Program : DIII Metrology and Instrumentation
Major : Engineering Physic FTI-ITS
Advisor Lecturer : Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

One of living things primary needs every day in this world that cannot be separated is water. Water resources regularly have unlimited quantity is seawater. in addition used for fulfill the needs everyday, human also use water for making products in the field of industry. However, the longer of various humans activities causing pollutants in seawater. Therefore, technology that required right for solve the problem is seawater reverse osmosis. This equipment is using the method of filtration of various big molecule and ion from a solution with pressure on solution. Until pass through a semipermeable membrane. However, all system on an instrument certainly will not be able to have maximum results. So it is required a technique in order to optimize the system that is by data reconciliation technique. After doing the data reconciliation method it obtained the value of intermediate is 12,995. For flow out 1 that flow does not qualify the filter obtained the value of intermediate is 7,426832. While flow out 2 that flow does qualify the filter obtained the value of intermediate is 5,56817 and have the difference data as much as 0. So create the systems to balanced.

Keyword : Water, Seawater Reverse Osmosis, Data
Reconciliation

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT penulis panjatkan karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Data Reconciliation Monitoring System pada Mini Plant Seawater Reverse Osmosis Berbasis Arduino di Workshop Instrumentasi”** dengan tepat waktu. Laporan ini dapat terselesaikan dengan dukungan dan peran serta dari berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga penulis yang selalu mendukung dan memberikan semangat untuk belajar.
2. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
3. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. selaku Ketua Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi FTI-ITS.
4. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.d. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dan memberikan banyak ilmu serta pengalaman.
5. Ir. Syamsul Arifin, M.T. selaku Dosen Wali penulis.
6. Fitri Adi Iskandarianto, S.T., M.T. selaku Ketua Workshop Instrumentasi Teknik Fisika FTI-ITS.
7. Teman – teman “Pejuang Tangguh Workshop Instrumentasi 2012” yang selalu membantu serta memberikan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir.
8. Seawater Reverse Osmosis Team yang telah berjuang bersama dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Teman – teman D3 Metrologi dan Instrumentasi FTI-ITS tahun angkatan 2012.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima segala masukan

berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laoran ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis maupun bagi pembaca.

Surabaya, 14 Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. <i>Reverse Osmosis</i>	5
2.2. <i>Monitoring</i>	7
2.3. <i>Data Reconciliation</i>	8
2.4. <i>Arduino</i>	9
2.5. <i>Booster Pump</i>	10
2.6. <i>Water Flow Sensor</i>	11
2.7. Karakteristik Statik	11
2.8. Visual Basic	12

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. <i>Flowchart</i> Perancangan Alat	15
3.2. Gambaran Umum Tugas Akhir	16
3.3. Perancangan Alat Tugas Akhir	19
3.4. Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	23

BAB IV ANALISA DATA

4.1. Pengujian Sensor	25
-----------------------	----

4.2. Pengambilan Data Tugas Akhir	28
4.3. Analisa Data	32

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	35
5.2. Saran	35

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A SPESIFIKASI MEMBRAN

LAMPIRAN B *DATASHEET* ARDUINO MEGA 2560

LAMPIRAN C SPESIFIKASI *BOOSTER PUMP*

**LAMPIRAN D *DATASHEET* G1/4" WATER FLOW
SENSOR**

LAMPIRAN E *LISTING PROGRAM* PADA ARDUINO

**LAMPIRAN F *LISTING PROGRAM* PADA VISUAL
STUDIO 2013**

LAMPIRAN G PENGUJIAN WATER FLOW SENSOR 1

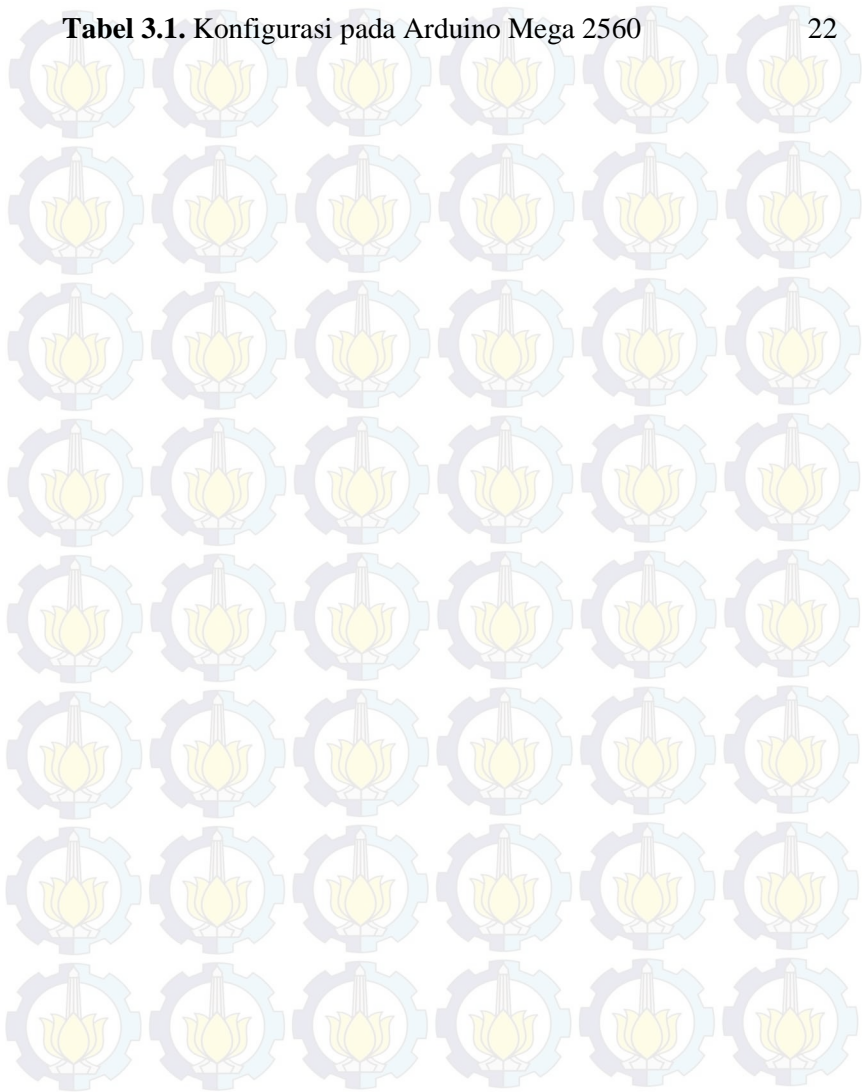
LAMPIRAN H PENGUJIAN WATER FLOW SENSOR 2

LAMPIRAN I PENGUJIAN WATER FLOW SENSOR 3

LAMPIRAN J DATA REKONSILIASI

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Konfigurasi pada Arduino Mega 2560 22



DAFTAR GAMBAR

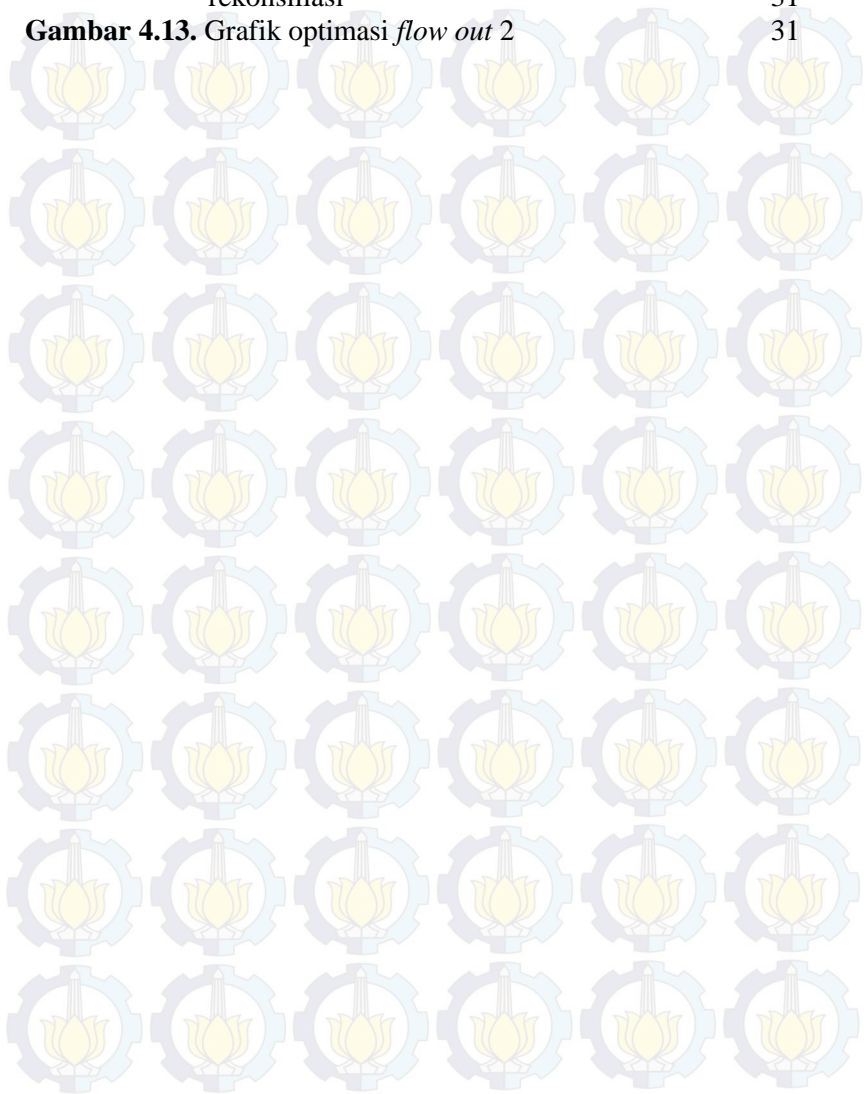
Gambar 2.1. Mekanisme kerja <i>reverse osmosis</i>	6
Gambar 2.2. Diagram Blok <i>Monitoring System</i>	7
Gambar 2.3. Arduino Mega 2560	10
Gambar 2.4. <i>Booster Pump</i>	10
Gambar 2.5. <i>Water Flow Sensor</i>	11
Gambar 2.6. Tampilan <i>interface</i> pada Visual Basic	13
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> pengerjaan tugas akhir	15
Gambar 3.2. <i>Feed Water Tank</i>	16
Gambar 3.3. <i>Make Up Water Tank</i>	16
Gambar 3.4. <i>Reject Water Tank</i>	17
Gambar 3.5. Membran <i>Reverse Osmosis</i>	17
Gambar 3.6. Filter Awal	18
Gambar 3.7. <i>Booster Pump</i>	18
Gambar 3.8. G1/4" <i>Water Flow Sensor</i>	19
Gambar 3.9. Diagram alir perancangan alat	19
Gambar 3.10. <i>Block Flow Diagram</i>	20
Gambar 3.11. <i>Process Flow Diagram</i>	20
Gambar 3.12. <i>Piping and Instrument Diagram</i>	21
Gambar 3.13. <i>Hook Up Drawing</i>	21
Gambar 3.14. Konfigurasi pin G1/4" <i>Water Flow Sensor</i>	22
Gambar 3.15. Tampilan <i>software</i> Arduino 1.0.6	23
Gambar 3.16. Tampilan <i>software</i> Visual Studio 2013	24
Gambar 4.1. Diagram Alir Sensor	25
Gambar 4.2. Grafik <i>Error</i> pada sensor 1	25
Gambar 4.3. Grafik Akurasi Dan Presisi Pada Sensor 1	26
Gambar 4.4. Grafik <i>Error</i> pada sensor 2	26
Gambar 4.5. Grafik Akurasi Dan Presisi Pada Sensor 2	27
Gambar 4.6. Grafik <i>Error</i> pada sensor 3	27
Gambar 4.7. Grafik Akurasi Dan Presisi Pada Sensor 3	28
Gambar 4.8. Grafik <i>flow in</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi	29
Gambar 4.9. Grafik optimasi <i>flow in</i>	29
Gambar 4.10. Grafik <i>flow out</i> 1 sebelum dan sesudah rekonsiliasi	30
Gambar 4.11. Grafik optimasi <i>flow out</i> 1	30

Gambar 4.12. Grafik *flow out* 2 sebelum dan sesudah rekonsiliasi

31

Gambar 4.13. Grafik optimasi *flow out* 2

31



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu kebutuhan pokok makhluk hidup di dunia ini yang tidak dapat terpisahkan adalah air. Tidak hanya penting bagi manusia, air juga merupakan bagian yang penting bagi makhluk hidup lain baik hewan maupun tumbuhan. Tanpa air kemungkinan tidak ada kehidupan di dunia ini karena semua makhluk hidup sangat memerlukan air untuk bertahan hidup[1]. Fungsi air dalam kehidupan, tidak hanya memenuhi kebutuhan secara fisik (yang dibutuhkan tubuh manusia), tetapi juga berperan sebagai pemenuh kegiatan manusia sehari-hari. Baik digunakan untuk mencuci pakaian, mandi, dan memenuhi kebutuhan manusia lainnya. Bahkan makhluk hidup lain seperti binatang, dan tumbuhan mengkonsumsi air sebagai pemenuh kebutuhannya. Tetapi semakin lama berbagai kegiatan yang dilakukan oleh manusia menyebabkan polusi air. Yang menjadi penyebab utamanya adalah pencemaran air melalui limbah pabrik dan limbah rumah tangga yang berupa zat kimia dari detergen yang digunakan sehari-hari, serta zat-zat kimia yang dihasilkan dari kegiatan manusia lainnya. Hal ini tentu memberi dampak negatif terhadap lingkungan, bahkan pencemaran air tersebut dapat membunuh makhluk yang disekitarnya. Dan yang menjadi kendala kita sekarang adalah sulitnya memperoleh air bersih. Keadaan ini tentunya sangat memprihatinkan, karena kebutuhan akan air bersih adalah prioritas utama bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya[2].

Sumber air yang secara kuantitas tidak terbatas adalah air laut, dan mayoritas banyak industri yang membutuhkan air untuk pemrosesannya berada di tepi laut. Oleh karena itu, Maka *Seawater Reverse Osmosis* merupakan teknologi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut. *Reverse osmosis* RO (Osmosis terbalik) adalah suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah

satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya. Membran seleksi itu harus bersifat selektif atau bisa memilah yang artinya bisa dilewati zat pelarutnya (atau bagian lebih kecil dari larutan) tapi tidak bisa dilewati zat terlarut seperti molekul berukuran besar dan ion-ion.

Tetapi output atau keluaran dari membran *reverse osmosis* masih terdapat *error* yang menyebabkan jumlah debit air yang keluar tidak sama dengan jumlah debit air yang masuk ke membran *reverse osmosis*. Oleh karena itu, perancangan *data reconciliation monitoring system* pada *mini plant seawater reverse osmosis* sangat penting karena dapat meminimalisir nilai *error* yang keluar dari membran *reverse osmosis* sehingga jumlah debit air yang keluar akan sama atau mendekati jumlah dari debit air yang masuk ke membran *reverse osmosis*. Selain dapat meminimalisir dan mengamati nilai *error* melalui *display*, dengan menggunakan mikrokontroler tipe arduino uno, data nilai *error* dapat disimpan setiap saat sesuai ketentuan pada *visual basic*.

1.2. Rumusan Masalah

Pada pelaksanaan tugas akhir ini, permasalahan yang diangkat adalah bagaimana merancang suatu *Data Reconciliation Monitoring System* Pada *Mini Plant Seawater Reverse Osmosis* berbasis Arduino di Workshop Instrumentasi?

1.3. Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah merancang suatu *Data Reconciliation* Pada *Monitoring System Mini Plant Seawater Reverse Osmosis* berbasis Arduino di Workshop Instrumentasi.

1.4. Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan masalah agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang sistem yang dibutuhkan dalam pembuatan *Data Reconciliation Monitoring System* Pada *Mini Plant Seawater Reverse Osmosis*.
- b. Membuat desain komponen – komponen dari sistem yang ada.
- c. Pengujian sistem dari rancang bangun yang telah dibuat dengan menguji rangkaian dari perancangan alat untuk mengetahui performasi alat, baik keakuratan dan keoptimalan alat.
- d. Menyusun hasil teori dari pembuatan *hardware*, analisa data dan kesimpulan dari data dan sistem yang ada.

1.5. Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem monitoring data rekonsiliasi dengan menggunakan mikrokontroler arduino.



BAB II

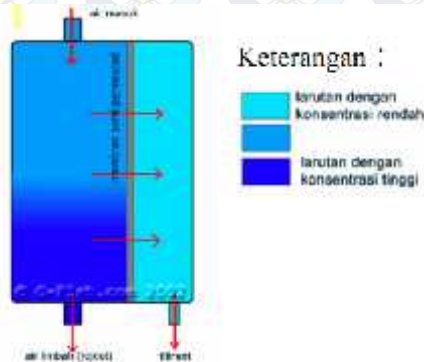
DASAR TEORI

2.1. Reverse Osmosis

Salah satu kebutuhan pokok sehari-hari makhluk hidup di dunia ini yang tidak dapat terpisahkan adalah air. Tidak hanya penting bagi manusia, air juga merupakan bagian yang penting bagi makhluk hidup lain baik hewan maupun tumbuhan. Tanpa air kemungkinan tidak ada kehidupan di dunia ini karena semua makhluk hidup sangat memerlukan air untuk dapat bertahan hidup^[1]. Fungsi air dalam kehidupan, tidak hanya memenuhi kebutuhan secara fisik (yang dibutuhkan tubuh manusia), tetapi juga berperan sebagai pemenuh kegiatan manusia sehari-hari. Baik digunakan untuk mencuci pakaian, mandi, dan memenuhi kebutuhan manusia lainnya. Bahkan makhluk hidup lain seperti binatang, dan tumbuhan mengkonsumsi air sebagai pemenuh kebutuhannya. Tetapi semakin lama berbagai kegiatan yang dilakukan oleh manusia menyebabkan polusi air. Yang penyebab utamanya adalah pencemaran air melalui limbah pabrik, dan limbah rumah tangga yang berupa zat kimia dari deterjen yang digunakan sehari-hari, serta zat-zat kimia yang dihasilkan dari kegiatan manusia lainnya. Hal ini tentu memberi dampak negatif terhadap lingkungan, bahkan pencemaran air tersebut dapat membunuh makhluk yang disekitarnya. Dan menjadi kendala kita sekarang adalah sulitnya untuk memperoleh air bersih. Keadaan ini tentunya sangat memprihatinkan, karena kebutuhan akan air bersih adalah prioritas utama bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya [2]. 71% dari Permukaan bumi pada dasarnya merupakan air. Dan 96% air di bumi ini bersifat asin sebagai air laut, sedangkan sisanya sekitar 4% yang bersifat tawar. Oleh karena sumber air yang secara kuantitas tidak terbatas adalah air laut, Maka *seawater reverse osmosis* merupakan teknologi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut.

Menurut Metcalf and Eddy (2004), membran *reverse osmosis* tidak membunuh mikroorganisme melainkan hanya membuang dan menghambatnya. Pada desain sistem membran

reverse osmosis terdapat beberapa parameter – parameter kritis yang harus diuji secara cermat, yaitu : kalsium, magnesium, kalium, mangan, natrium besi, sulfat, barium, klorida, amonia, fosfat, nitrat, stronsium, dan sebagainya. Apabila parameter-parameter tersebut dibiarkan maka akan terjadi penyumbatan (*fouling*). Prinsip kerja filter *reverse osmosis* adalah berdasarkan pada peristiwa osmosis yang terjadi di alam. Osmosis adalah peristiwa Bergeraknya air dari larutan yang mempunyai konsentrasi lebih rendah melalui membran semi permeabel ke larutan yang mempunyai konsentrasi lebih tinggi sampai tercapainya keseimbangan. Proses *reverse osmosis* merupakan kebalikan dari proses osmosis, yaitu memberikan tekanan balik dengan tekanan osmotik lebih besar pada permukaan cairan yang lebih kental, maka cairan yang lebih murni akan menembus permukaan membran menjadi cairan yang lebih murni [9]. Mekanisme kerja dari *reverse osmosis* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Mekanisme kerja *reverse osmosis*

Pada sistem *reverse osmosis* sendiri menggunakan tekanan tinggi air yang ditekan melalui membran mencegah partikel yang tidak diinginkan lewat, akibatnya partikel disaring dan berkumpul pada satu sisi [8].

Membran *reverse osmosis* adalah membran yang terbuat dari selaput *semipermeable* yang dapat diisi ulang yang berfungsi untuk menyaring air dari kandungan logam, virus atau bakteri

sehingga menghasilkan air murni bebas dari pencemaran. Membran ini dapat menurunkan tds (*total dissolved solids*) karena mempunyai ukuran penyaringan yang sangat halus yaitu mencapai 1/10.000 mikron atau setara dengan sehelai rambut di bagi satu juta.

2.2. Monitoring

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *monitoring*. Terdapat beberapa pendapat mengenai pengertian *monitoring*. Pendapat-pendapat tersebut antara lain "*Monitoring* adalah penilaian yang terus menerus terhadap fungsi kegiatan-kegiatan proyek di dalam konteks jadwal-jadwal pelaksanaan dan terhadap penggunaan input-input proyek oleh kelompok sasaran di dalam konteks harapan-harapan rancangan. *Monitoring* adalah kegiatan proyek yang integral, bagian penting dari praktek manajemen yang baik dan karena itu merupakan bagian yang integral dari manajemen sehari-hari". "*Monitoring* dapat didefinisikan sebagai suatu proses mengukur, mencatat, mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan informasi untuk membantu pengambilan keputusan manajemen proyek".

Dari berbagai teori tersebut dapat disimpulkan bahwa pengertian *monitoring* adalah suatu proses yang dilakukan secara terus menerus yang merupakan bagian yang bersifat integral dari manajemen yang meliputi penilaian yang bersifat sistematis terhadap kemajuan suatu pekerjaan. Adapun beberapa tujuan dari *monitoring* adalah mengkaji apakah kegiatan- kegiatan yang dilaksanakan telah sesuai dengan rencana, mengidentifikasi masalah yang timbul agar langsung dapat diatasi, melakukan penilaian apakah pola kerja dan manajemen yang digunakan sudah tepat untuk mencapai tujuan, mengetahui kaitan antara kegiatan dengan tujuan untuk memperoleh ukuran kemajuan [10]. Pada Gambar 2.2. dapat dilihat diagram blok dari *monitoring system*.



Gambar 2.2. Diagram Blok *Monitoring System*

2.3. Data Reconciliation

Data reconciliation adalah sebuah teknik yang dikembangkan untuk memperbaiki akurasi pengukuran melalui penurunan efek kesalahan acak dalam data. Menurut Narasimhan, perbedaan paling mendasar antara rekonsiliasi data dan filter adalah dalam solusinya, rekonsiliasi data melibatkan model proses yang digunakan sebagai konstrain. Dengan demikian hasil rekonsiliasi harus memenuhi fungsi konstrain. Selanjutnya, penentuan estimasi variabel proses dilakukan dengan penalaan (*adjusting*) data hasil pengukuran (dalam hal ini dinyatakan sebagai faktor bobot) berdasarkan konstrain tersebut. Besar kecilnya penalaan ini sangat menentukan tingkat akurasi dari sebuah alat ukur. Teknik rekonsiliasi data berperan hanya pada masalah kualitas data, tidak pada kualitas proses [6]. Formulasi dari rekonsiliasi data bisa diperoleh melalui optimasi kuadrat terkecil sebagai berikut [Narasimhan, Jordache, 2000] :

$$\min_{x_i, u_i} \sum_{i=1}^p w_i (y_i - x_i)^2 \quad (2.1)$$

Fungsi objektif pada persamaan (2.1) mendefinisikan faktor bobot total dari jumlah kuadrat penalaan yang dibuat dalam pengukuran, dimana w_i adalah bobot pengukuran variabel proses ke- i , y_i adalah hasil pengukuran variabel proses ke- i dan x_i adalah hasil rekonsiliasi terhadap variabel proses ke- i . Langkah – langkah dalam melakukan teknik rekonsiliasi data adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan model konstrain proses

Teknik rekonsiliasi data membutuhkan model konstrain, yang mana model konstrain ini secara umum menggunakan hukum kesetimbangan material yang formulasinya dinyatakan sebagai berikut :

$$input - output - akumulasi = 0 \quad (2.2)$$

Untuk kasus dimana proses dalam keadaan tunak, keberadaan akumulasi dapat diabaikan. Sedangkan untuk proses yang dinamik keberadaan dari akumulasi ini tidak dapat diabaikan karena model konstrainnya harus dinyatakan dalam persamaan differensial. Bentuk konstrain yang dipakai dalam rekonsiliasi, sangat tergantung pada ruang lingkup permasalahan rekonsiliasi serta bentuk dari unit proses. Semakin kompleks model konstrain yang dibangun maka akan semakin sulit pula teknik penyelesaian dalam rekonsiliasi data.

2. Klasifikasi variabel

Strategi rekonsiliasi data yang diimplementasikan pada sebuah sistem yang mana didalamnya hanya mengukur sebagian saja variabel *flow*, akan lebih efisien jika dibandingkan dengan melakukan pengukuran secara keseluruhan. Dalam menyelesaikan masalah rekonsiliasi ini, terlebih dahulu dilakukan teknik dekomposisi matrik untuk mengklasifikasi variabel *flow* baik yang diukur maupun yang tidak diukur. Dari variabel yang diukur dapat ditentukan variabel mana yang bersifat *redundant* dan *nonredundant*. Sedangkan pada variabel yang tidak diukur dapat diperoleh variabel yang teramati dan tidak teramati.

3. Perhitungan solusi rekonsiliasi

Berdasarkan matrik kovarian dan matrik reduksi konstrain, solusi rekonsiliasi terhadap hasil pengukuran *flow* diperoleh melalui pendekatan *lagrange multiplier* [8].

2.4. Arduino

Arduino adalah sebuah mikrokontroler *open source* yang berbasis pada *input* dan *output* yang mudah digunakan dan sebuah sarana untuk pengembangan yang mengimplementasikan bahasa pemrosesan. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan objek interaktif secara mandiri atau dapat dihubungkan ke *software* pada komputer (seperti *flash*, pemrosesan, VVVV, atau Max/MSP). Arduino dapat dirakit sendiri menggunakan tangan atau membelinya langsung tanpa merakit sendiri [5]. Arduino

berbeda dengan tipe mikrokontroler yang lain di pasaran karena arduino memiliki beberapa fitur seperti berikut ini :

1. Arduino dapat digunakan secara *multiplatform* karena arduino dapat dijalankan pada sistem operasi Windows, Mac, dan Linux.
2. Arduino menggunakan program pemrosesan IDE (*Integrated Development Environment*). Program ini mudah untuk digunakan bagi programmer.
3. Arduino diprogram melalui *port* USB tidak menggunakan *serial port*. Fitur ini sangat berguna karena banyak komputer yang baru tidak menggunakan *serial port*.
4. Arduino memiliki *hardware* dan *software* secara *open source*. Jika ingin membuat arduino sendiri dapat mengunduh *circuit diagram* dari arduino tanpa membayar apapun kepada pencipta arduino.
5. *Hardware* dari arduino tergolong murah.
6. Terdapat komunitas bagi para pengguna arduino, komunitas tersebut dapat membantu para pengguna arduino jika mengalami kesulitan.
7. Arduino ini adalah sebuah proyek yang sedang berkembang di lingkungan pendidikan. Dengan demikian banyak pendatang baru atau pengguna baru dapat menyelesaikan suatu alat dengan mengerjakannya secara cepat [5].



Gambar 2.3. Arduino Mega 2560

2.5. Booster Pump

Pompa *booster* yang terlihat seperti pada Gambar 2.4. adalah jenis pompa bertekanan yang berfungsi hanya untuk menambah tekanan air yang siap mengikuti sistem pendistribusian pipa. Alat ini tidak memulai pemrosesan aliran tetapi hanya membantu

mengalirkan cairan bertekanan yang lebih tinggi, karena penambahan energi ini maka pompa ini diletakan pada awal pompa sebelum *reverse osmosis* [11].



Gambar 2.4. *Booster Pump*^[11]

2.6. *Water Flow Sensor*

Water flow sensor ini terdiri atas katup plastik, rotor air, dan sebuah sensor *hall effect*. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena efek hall yaitu didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada aliran air yang masuk pada sensor, rotor air akan bergerak sehingga menyebabkan putaran pada rotor. Arus listrik yang disebabkan oleh putaran rotor akan mengalir pada sensor efek Hall. Medan listrik terus membesar hingga partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi sensor tersebut disebut potensial Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui sensor. Pada Gambar 2.5. dapat dilihat salah satu contoh dari *water flow sensor*.



Gambar 2.5. *Water Flow Sensor*

2.7. *Karakteristik Statik*

Karakteristik statik yaitu karakteristik dari suatu instrument alat ukur yang tidak bergantung waktu [12]. Karakteristik terdiri dari :

1. Akurasi

Akurasi merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran.

$$\text{Akurasi} = \left(1 - \text{Rata-Rata} \frac{(\text{pemb.std} - \text{pemb.alat})}{\text{pembacaan std}} \right) \quad 2.3$$

2. Presisi

Tingkat kedekatan pembacaan pengukuran kuantitas terhadap nilai yang sebenarnya.

$$\text{Presisi} = \left(1 - \text{Rata-Rata} \frac{(\text{pemb.alat} - \text{pemb.std})}{\text{pembacaan alat}} \right) \quad 2.4$$

3. Error

Selisis nilai pengukuran alat dengan nilai standar.

$$\text{Error} = \text{pemb.alat} - \text{pemb.standar} \quad 2.5$$

2.8. Visual Basic

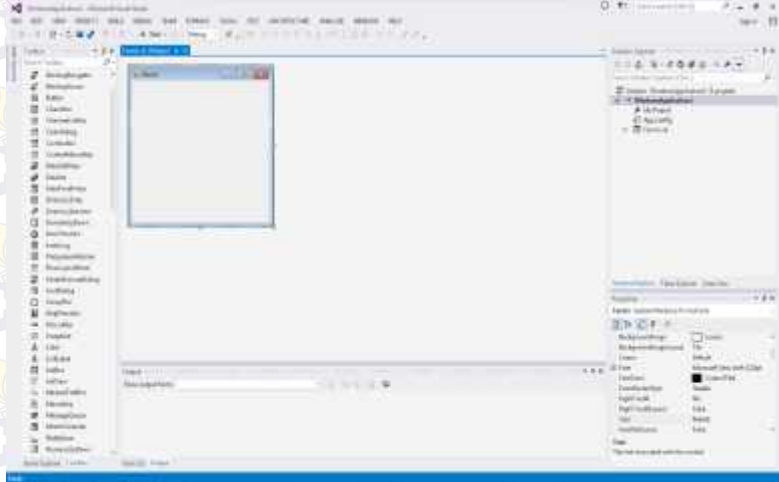
Bahasa *basic* pada dasarnya adalah bahasa yang mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa *basic* dapat dengan mudah dilakukan meskipun oleh orang yang baru belajar membuat program. Hal ini lebih mudah lagi setelah hadirnya Microsoft Visual Basic, yang dibangun dari ide untuk membuat bahasa yang sederhana dan mudah dalam pembuatan scriptnya (*simple scripting language*) untuk *graphic user interface* yang dikembangkan dalam sistem operasi Microsoft Windows.

Visual Basic merupakan bahasa pemrograman yang sangat mudah dipelajari, dengan teknik pemrograman visual yang memungkinkan penggunanya untuk berkreasi lebih baik dalam menghasilkan suatu program aplikasi. Ini terlihat dari dasar pembuatan dalam visual basic adalah *form*, dimana pengguna dapat mengatur tampilan *form* kemudian dijalankan dalam *script* yang sangat mudah.

Ledakan pemakaian visual basic ditandai dengan kemampuan visual basic untuk dapat berinteraksi dengan aplikasi lain di dalam sistem operasi Windows dengan komponen *ActiveX Control*. Dengan komponen ini memungkinkan pengguna untuk memanggil dan menggunakan semua model data yang ada di dalam sistem operasi windows. Hal ini juga ditunjang dengan teknik pemrograman di dalam Visual Basic yang mengadopsi

dua macam jenis pemrograman yaitu Pemrograman Visual dan *Object Oriented Programming* (OOP).

Visual Basic 6.0 sebetulnya perkembangan dari versi sebelumnya dengan beberapa penambahan komponen yang sedang tren saat ini, seperti kemampuan pemrograman internet dengan DHTML (*Dynamic HyperText Mark Language*), dan beberapa penambahan fitur *database* dan *multimedia* yang semakin baik. Sampai saat buku ini ditulis bisa dikatakan bahwa Visual Basic 6.0 masih merupakan pilihan pertama di dalam membuat program aplikasi yang ada di pasar perangkat lunak nasional. Hal ini disebabkan oleh kemudahan dalam melakukan proses *development* dari aplikasi yang dibuat [7]. Tampilan dari visual basic dapat dilihat pada Gambar 2.6.



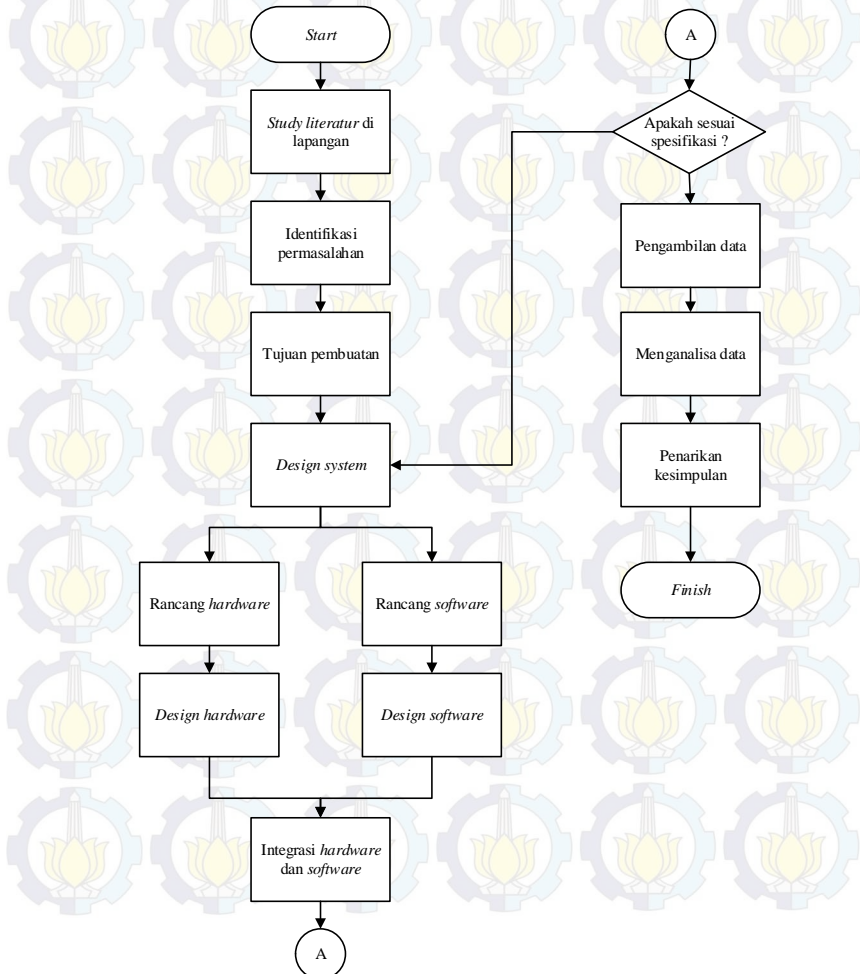
Gambar 2.6. Tampilan *interface* pada Visual Basic ^[7]



BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. *Flowchart* Perancangan Alat

Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1. di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* pengerjaan tugas akhir

3.2. Gambaran Umum Tugas Akhir

Pada tugas akhir kali ini membuat *data reconciliation monitoring system* pada *mini plant seawater reverse osmosis* yang terintegrasi dengan mikrokontroler arduino dan *personal computer* (PC). Terdapat beberapa bagian penting didalam *mini plant seawater reverse osmosis* yaitu sebagai berikut :

a. *Feed Water Tank*

Feed water tank merupakan tangki dibagian awal yang berfungsi sebagai tempat penampungan air dari *water supply*, jenis air yang digunakan untuk *feed water* dalam tugas akhir ini adalah air laut.



Gambar 3.2. *Feed Water Tank*

b. *Make Up Water Tank*

Make up water tank seperti pada Gambar 3.3. adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat penampungan air siap pakai atau air yang merupakan hasil dari penyaringan (*filter*) dan membran *reverse osmosis*, yang pada tugas akhir ini jenis *make up water* adalah air jernih.



Gambar 3.3. *Make Up Water Tank*

c. *Reject Water Tank*

Reject water tank adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat penampungan air yang tidak dapat melewati membran *reverse osmosis*, jenis air yang ditampung di *reject water* adalah air keruh atau air yang masih memiliki banyak kandungan mineral lain. *Reject water tank* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. *Reject Water Tank*

d. *Membran Reverse Osmosis*

Membran *reverse osmosis* adalah membran *semipermeable* yang memiliki ukuran sangat kecil (μm). Membran ini berfungsi untuk menyaring atau memisahkan garam dan kandungan lain dari air.



Gambar 3.5. *Membran Reverse Osmosis*

e. *Filters*

Filters terdiri dari 3 bagian yaitu *5 micron spun fiber cartridge*, *coconut carbon granule filter cartridge*, dan *carbon block filter cartridge*. Ketiga bagian tersebut berfungsi untuk menyaring kotoran atau kandungan air sehingga menjadi lebih bersih. Gambar 3.6. dapat dilihat 3 buah filter awal pada sistem.



Gambar 3.6. Filter Awal

f. *Booster Pump*

Booster pump seperti pada Gambar 3.7. merupakan pompa berukuran kecil yang memiliki tekanan maksimal sebesar 80 Psi dan memiliki flow rate sebesar 0,62 LPM sehingga air dapat terdorong melewati membran *reverse osmosis*.



Gambar 3.7. *Booster Pump*

g. G1/4" Water Flow Sensor

G1/4" water flow sensor merupakan sensor *flow* yang menggunakan turbin sebagai penggerak, sehingga dari putaran turbin tersebut dapat menghasilkan nilai pembacaan data berupa *flow rate* yang telah melewati sensor ini. Sensor G1/4" water flow dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. G1/4" Water Flow Sensor

3.3. Perancangan Alat Tugas Akhir

Perancangan tugas akhir kali ini dijelaskan sebagai berikut :

3.3.1 Perancangan *Data Reconciliation Monitoring System*

perancangan sistem dan pembuatan alat *data reconciliation monitoring system* pada *mini plant seawater reverse osmosis* terdiri dari pembuatan perangkat keras (*hardware*), pembuatan perangkat lunak (*software*), serta pembuatan mekanik alat eksperimen. Terdapat diagram blok sistem kendali pada *data reconciliation monitoring system* yang dapat dilihat pada Gambar 3.9.



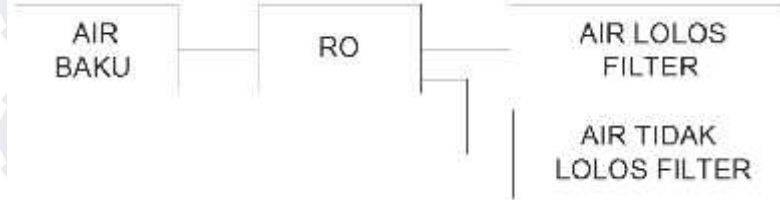
Gambar 3.9. Diagram alir perancangan alat

Pada Gambar 3.9. dapat dilihat bahwa input dari sensor ini berupa *flow* sehingga setelah sensor mendeteksi adanya aliran air

yang melewati sensor maka turbin yang terdapat didalam sensor akan berputar sehingga menyebabkan medan magnet yang akan menghasilkan keluaran berupa sinyal digital. Keluaran dari sensor akan diterima oleh mikrokontroler arduino mega 2560 untuk diolah menjadi nilai pembacaan sensor. Hasil dari pengolahan data pada arduino mega akan ditampilkan dalam layar *liquid crystal display* (LCD) berukuran 16 x 2 dan akan ditampilkan pada *software* Visual Studio yang terhubung langsung dengan *personal computer* (PC).

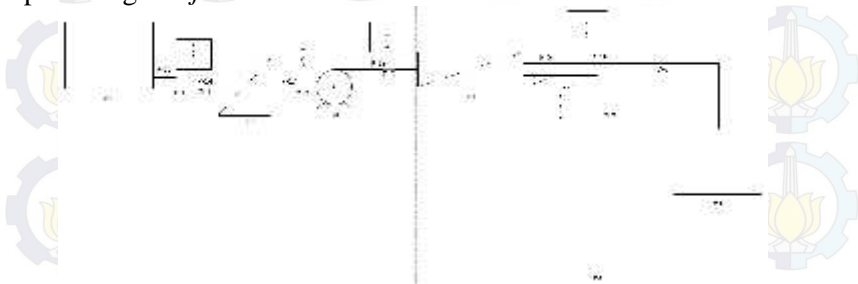
3.3.2 Perancangan BFD, PFD, dan P&ID

Desain yang dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.10. *Block Flow Diagram*

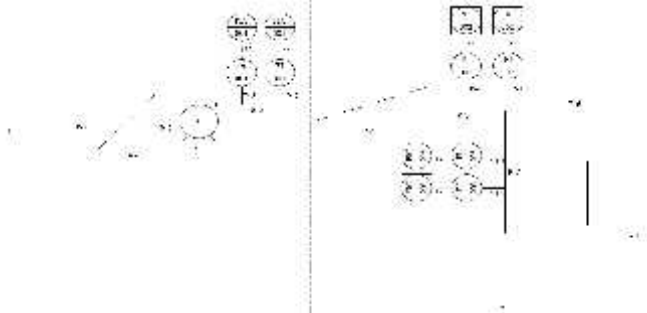
Dari Gambar 3.10. dapat dijelaskan bahwa masukan yang berupa air baku dari tangki *feed water* dapat melewati membran *reverse osmosis* atau lolos filter akan masuk ke dalam tangki *make up water* atau air hasil yang siap dipakai. Sedangkan air yang tidak lolos filter dari membran *reverse osmosis* akan masuk pada tangki *reject water*.



Gambar 3.11. *Process Flow Diagram*

Pada *mini plan* ini dibuat desain *flow diagram* seperti pada Gambar 3.11. untuk diamati proses apa saja yang terjadi. Sangat diperhatikan faktor dari *mass and energy balance* pada setiap titik. Pada *process flow diagram* dapat dijelaskan sebuah proses alir dimana aliran air dari tangki awal akan melewati 3 buah filter yang akan mengurangi jumlah kandungan mineral dalam air. Air yang telah melewati filter awal akan didorong oleh *booster pump* untuk melewati membran *reverses osmosis* hingga ke tangki *make up water* dan tangki *reject*. Air hasil yang lolos filter dari membran *reverse osmosis* ini kemudian mengalir ke tangki *make up water* untuk diolah menjadi produk. Sedangkan air yang tidak lolos filter membran *reverse osmosis* akan masuk ke tangki *reject*.

Setelah desain dari *Proses Flow Diagram* dibuat maka langkah selanjutnya yaitu membuat desain *Piping and Instrument Diagram* seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. *Piping and Instrument Diagram*

3.3.3 Hook Up Drawing

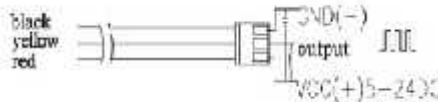


Gambar 3.13. *Hook Up Drawing*

Pada Gambar 3.13. dapat dilihat bahwa sensor *water flow* dipasang sesuai arah aliran air agar dapat mengetahui *flow rate* pada sistem. Sensor *water flow* diletakan setelah *booster pump* dan sebelum masuk ke membran *reverse osmosis* untuk mengetahui *inlet flow rate*. Selain itu, sensor *water flow* juga diletakan setelah membran *reverse osmosis* untuk mengetahui besar nilai *outlet flow rate*.

3.3.3. Perancangan rangkaian pada mikrokontroler

Pada tugas akhir ini terdapat perancangan rangkaian dari sensor menuju ke mikrokontroler arduino. Gambar 3.14 menunjukkan konfigurasi dari sensor G1/4" *water flow* yang memiliki 3 buah pin yaitu *vcc*, *ground*, dan *output*. Sensor ini membutuhkan catu daya sebesar 5VDC dan menghasilkan *output* berupa sinyal digital yang didapatkan dari putaran turbin sehingga menimbulkan medan magnet (*hall effect*).



Gambar 3.14. Konfigurasi pin G1/4" *Water Flow Sensor*

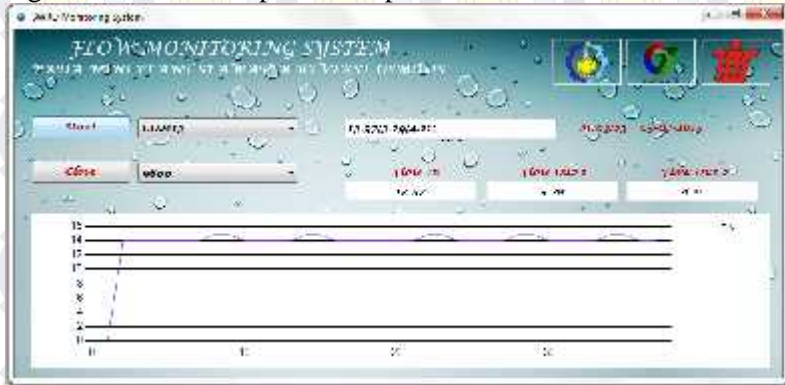
Sedangkan untuk konfigurasi dari G1/4" *water flow sensor* dengan mikrokontroler arduino mega 2560 yang telah terintegrasi dengan *liquid crystal display* 16x2 dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Konfigurasi pada Arduino Mega 2560

Komponen	Konfigurasi	Pin pada Arduino
Sensor	VCC	+5 V
	Output	Pin Digital 2, 3, dan 21
	GND	GND
LCD	VCC	+5V
	GND	GND
	RS	Pin Digital 22, 23, dan 34
	EN	Pin Digital 24, 25, dan 36

3.4.2. *Software* Visual Studio 2013

Software ini digunakan untuk komunikasi antara arduino mega 2560 dengan *personal computer* (PC) sehingga pengukuran dapat dipantau pada layar karena semua data pengukuran telah terintegrasi dengan *software* ini. Selain itu, visual studio 2013 dapat menyimpan data hasil pengukuran sensor kedalam bentuk *database*. Tampilan visual studio 2013 yang digunakan pada tugas akhir kali ini dapat dilihat pada Gambar 3.16.

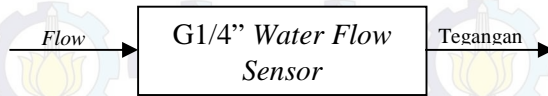


Gambar 3.16. Tampilan *software* Visual Studio 2013

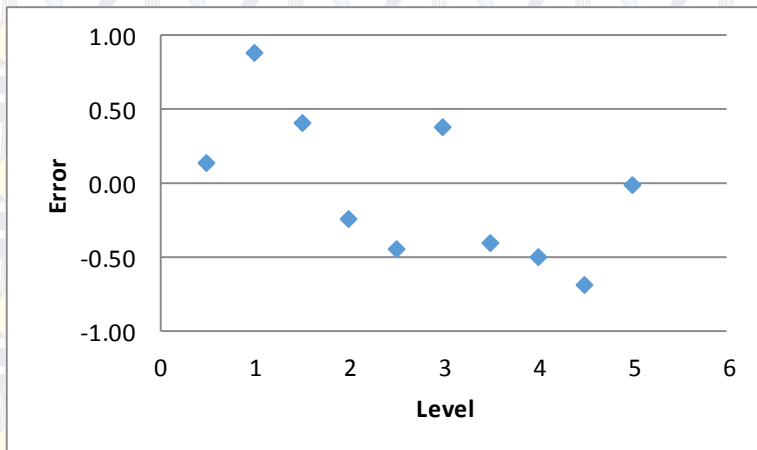
BAB IV ANALISA DATA

4.1. Pengujian Sensor

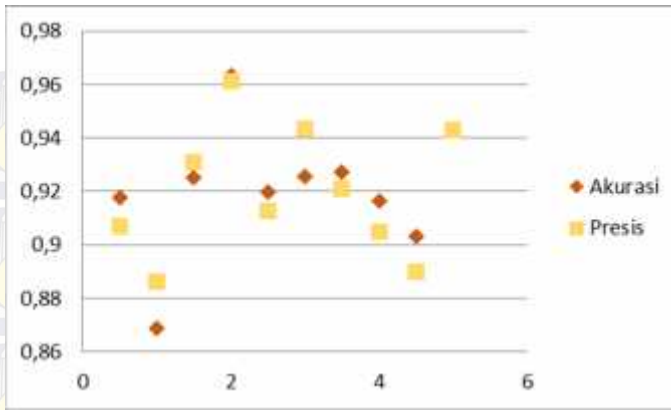
Pada tugas akhir *data reconciliation monitoring system* telah dilakukan pengujian sensor G1/4" *water flow*. Dalam pengujian sensor, masukan dari sensor G1/4" *water flow* adalah besaran fisis berupa *flow* dan memiliki keluaran berupa tegangan. Gambar 4.1 merupakan diagram alir pada pembacaan sensor G1/4" *water flow*.



Gambar 4.1. Diagram Alir Sensor

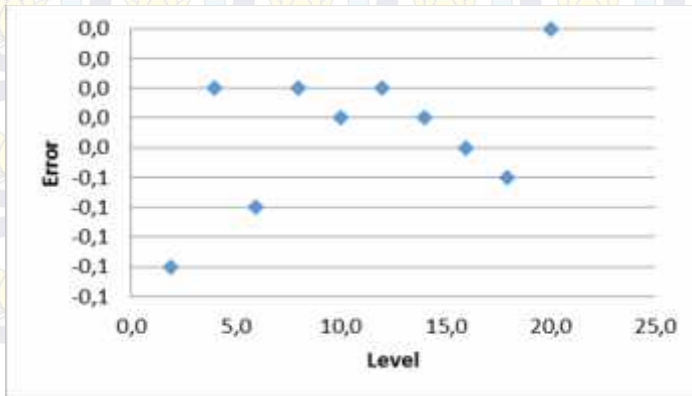


Gambar 4.2. Grafik *Error* pada Sensor 1

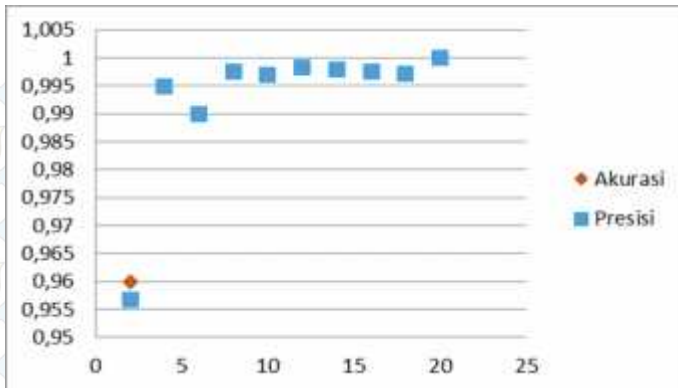


Gambar 4.3. Grafik Akurasi dan Presisi Pada Sensor 1

Untuk pengujian sensor 1 dapat diketahui nilai ketidakpastian pada tabel yang telah terlampir, sehingga dapat diketahui juga nilai *error*, presisi, dan akurasi dari sensor 1. Gambar 4.2. menunjukan nilai *error* pengujian sensor 1 yang telah didapatkan dari persamaan 2.3. Sedangkan Gambar 4.3. menunjukan nilai presisi sensor 1 dari persamaan 2.2 dan akurasi pembacaan sensor 1 dari persamaan 2.1. Nilai rata – rata *error*, akurasi, dan presisi pada sensor 1 adalah -0,05 ; 0,9210 ; 0,92 sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 1 masih dalam batas toleransi.

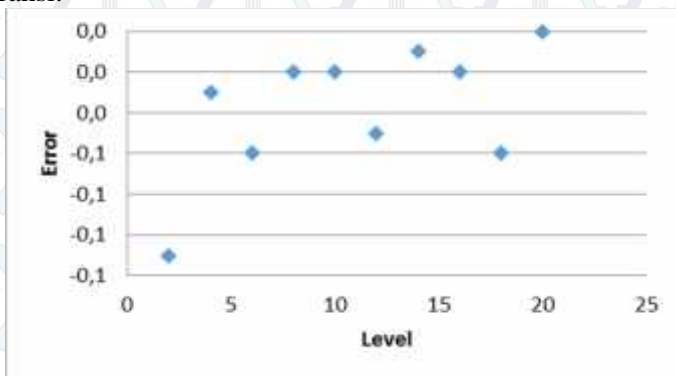


Gambar 4.4. Grafik *Error* pada Sensor 2

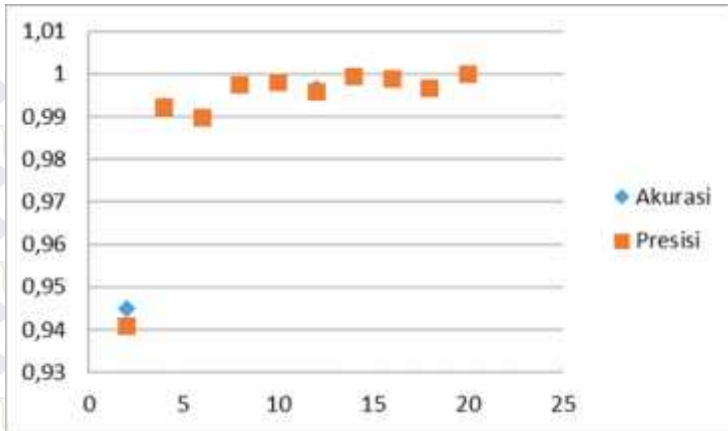


Gambar 4.5. Grafik Akurasi dan Presisi pada Sensor 2

Untuk pengujian sensor 2 dapat diketahui nilai ketidakpastian pada tabel yang telah terlampir, sehingga dapat diketahui juga nilai *error*, presisi, dan akurasi dari sensor 2. Gambar 4.4. menunjukan nilai *error* pengujian sensor 2 yang telah didapatkan dari persamaan 2.3. Sedangkan Gambar 4.5. menunjukan nilai presisi sensor 2 dari persamaan 2.2 dan akurasi pembacaan sensor 2 dari persamaan 2.1. Nilai rata – rata *error*, akurasi, dan presisi pada sensor 2 adalah -0,035 ; 0,9930 ; 0,9926 sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 2 masih dalam batas toleransi.



Gambar 4.6. Grafik *Error* pada Sensor 3

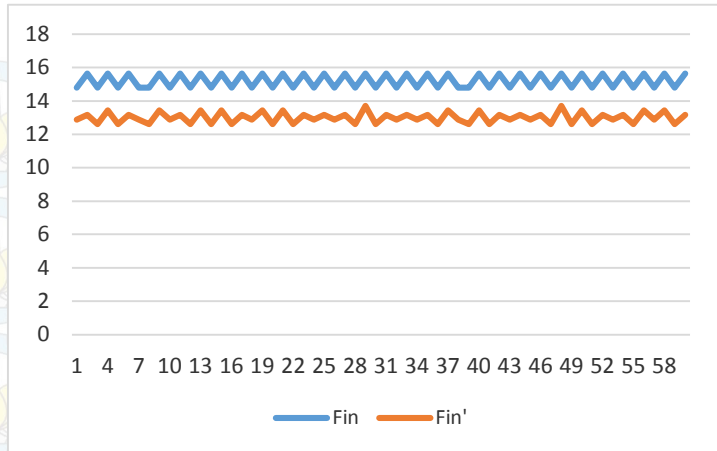


Gambar 4.7. Grafik Akurasi dan Presisi pada Sensor 3

Untuk pengujian sensor 3 dapat diketahui nilai ketidakpastian pada tabel yang telah terlampir, sehingga dapat diketahui juga nilai *error*, presisi, dan akurasi dari sensor 3. Gambar 4.6. menunjukkan nilai *error* pengujian sensor 3 yang telah didapatkan dari persamaan 2.3. Sedangkan Gambar 4.7. menunjukkan nilai presisi sensor 3 dari persamaan 2.2 dan akurasi pembacaan sensor 3 dari persamaan 2.1. Nilai rata – rata *error*, akurasi, dan presisi pada sensor 3 adalah -0,038 ; 0,9914 ; 0,9909 sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 3 masih dalam batas toleransi.

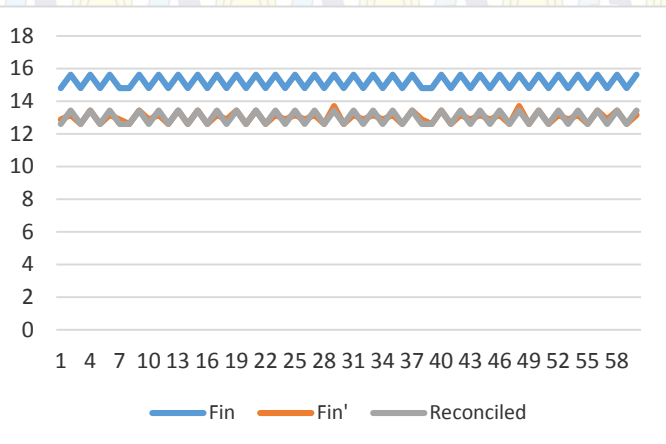
4.2. Pengambilan Data Tugas Akhir

Pada tugas akhir *data reconciliation monitoring system* pada *mini plant seawater reverse osmosis* telah dilakukan pengambilan data selama 1 menit sehingga didapatkan data sebanyak 60. Data yang telah diambil dimasukkan kedalam tabel yang telah terlampir. Data yang diambil terdiri dari 3 bagian yaitu aliran yang masuk ke membran *reverse osmosis* (*flow in*), aliran air tidak lolos filter (*flow out 1*), dan aliran air lolos filter (*flow out 2*).



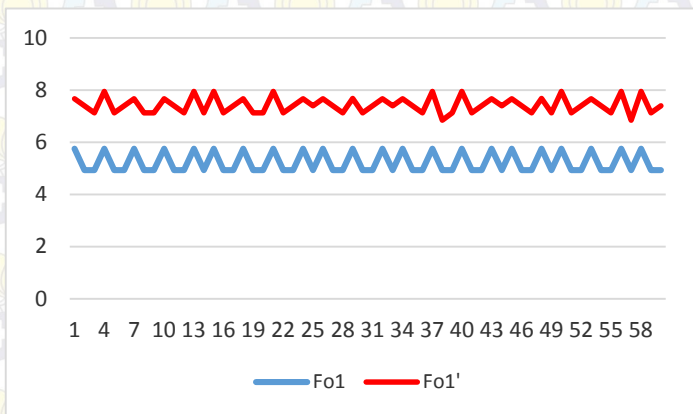
Gambar 4.8. Grafik *flow in* sebelum dan sesudah rekonsiliasi

Pada gambar 4.8. dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air sebelum memasuki membran (Fin) dengan laju aliran air sebelum memasuki membran yang sudah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fin').



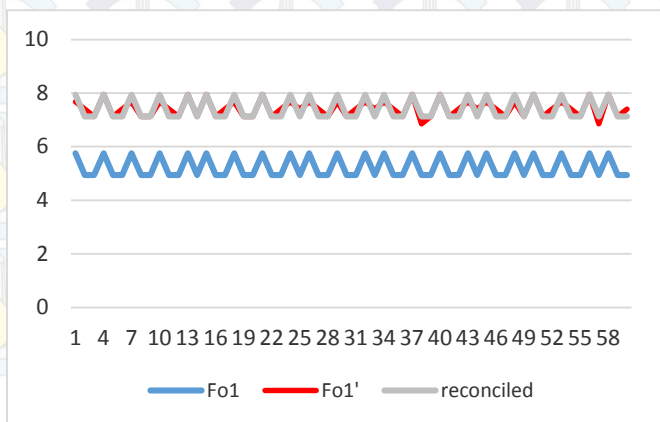
Gambar 4.9. Grafik optimasi *flow in*

Pada gambar 4.9. menunjukkan grafik optimasi yang diketahui dari perbandingan laju aliran yang memasuki membran (Fin) dengan laju aliran memasuki membran yang sudah diolah menggunakan metode rekonsiliasi (Fin').



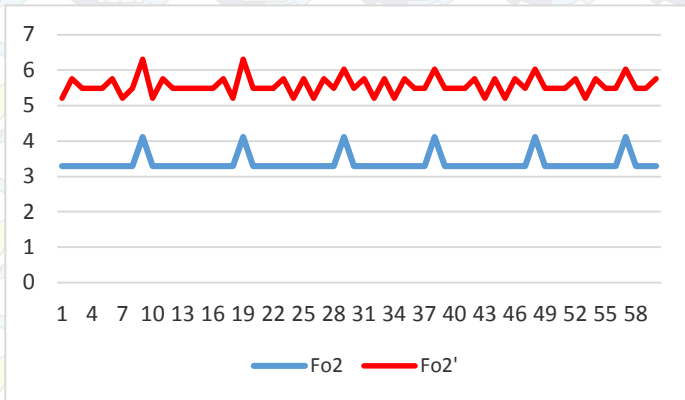
Gambar 4.10. Grafik *flow out* 1 sebelum dan sesudah rekonsiliasi

Pada gambar 4.10. dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air yang tidak lolos filter (Fo1) dengan laju aliran air tidak lolos filter yang sudah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fo1').



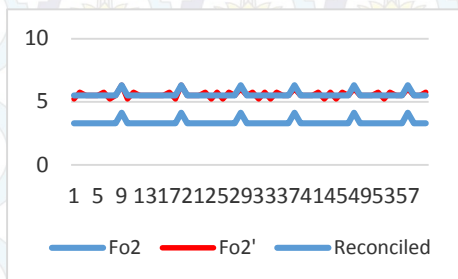
Gambar 4.11. Grafik optimasi *flow out* 1

Pada gambar 4.11. menunjukkan grafik optimasi yang diketahui dari perbandingan laju aliran yang tidak lolos filter (Fo1) dengan laju aliran tidak lolos filter yang sudah diolah menggunakan metode rekonsiliasi (Fin').



Gambar 4.12. Grafik *flow out 2* sebelum dan sesudah rekonsiliasi

Pada gambar 4.12. dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air yang lolos atau dapat menembus filter (Fo2) dengan laju aliran air lolos atau dapat menembus filter yang sudah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fo2').



Gambar 4.13. Grafik optimasi *flow out 2*

Pada gambar 4.13. menunjukkan grafik optimasi yang diketahui dari perbandingan laju aliran yang lolos filter (Fo_2) dengan laju aliran lolos filter yang sudah diolah menggunakan metode rekonsiliasi (Fo_2').

4.3. Analisa Data

Pengambilan data rekonsiliasi didapat dari pembacaan tiga sensor laju aliran ($G1/4''$ *water flow sensor*) yang terdapat pada *mini plant reverse osmosis*. Sensor pertama diletakkan sesudah *booster pump* dan sebelum memasuki membran yang bertujuan untuk membaca laju aliran sebelum memasuki membran, untuk sensor kedua terletak pada aliran sesudah membran atau aliran air yang lolos filter dan menuju ke *make up water tank*, sensor kedua ini bertujuan untuk menampilkan pembacaan laju aliran air hasil. Sedangkan sensor ketiga terletak pada aliran sesudah membran atau aliran air tidak lolos filter yang mengalir menuju *reject tank*. Ketiga sensor *flow* tersebut akan bekerja apabila terdapat aliran air yang melewati turbin yang mengakibatkan turbin bergerak, gerakan dari turbin tersebut akan menghasilkan medan magnet karena adanya *hall effect* yang terdapat di dalam sensor, sehingga dari medan magnet tersebut akan menghasilkan listrik. Output dari sensor *flow* ini berupa tegangan. Untuk dapat menampilkan data sensor dihubungkan dengan arduino mega yang berfungsi sebagai pengkondisian sinyal sehingga pembacaan sensor dapat ditampilkan pada LCD dan PC. Pembacaan laju aliran dipengaruhi oleh tekanan fluida yang mengalir semakin besar tekanan yang ada pada fluida maka semakin besar pula laju aliran yang terbaca oleh sensor.

Pada gambar 4.1 menunjukkan error pembacaan alat yang pertama di setiap range ketinggian. Dengan rata-rata error yang dihasilkan sebesar -0,05. Gambar 4.3 menunjukkan error pembacaan alat yang kedua di setiap range ketinggian, untuk error sensor kedua yakni sebesar -0,035. Pada gambar 4.5 menunjukkan error pembacaan alat ketiga di setiap range ketinggian, nilai error pada sensor ketiga sebesar -0,038. Error

pada setiap pembacaan sensor tersebut menunjukkan bahwa rata-rata selisih antara pembacaan alat dengan acuan standart.

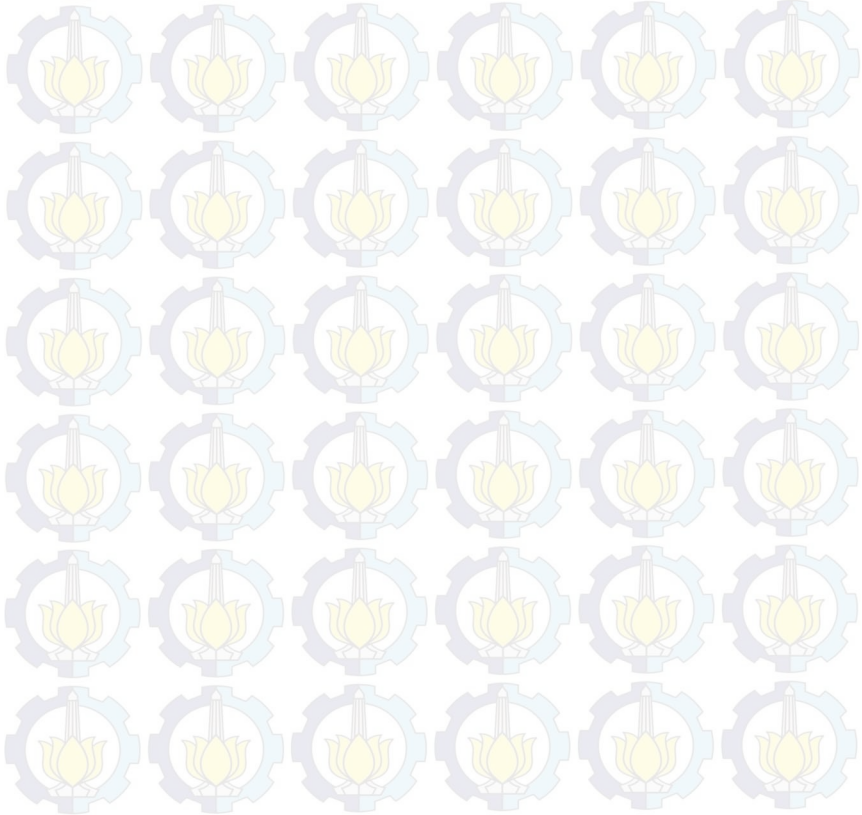
Pada gambar 4.2 dapat dilihat grafik nilai akurasi dan presisi pada sensor yang pertama, rata-rata nilai akurasi sebesar 0,9210 dan nilai presisi sebesar 0,92. Pada gambar 4.4 menunjukkan grafik akurasi dan presisi dari sensor ke 2 dengan nilai akurasi sebesar 0,9930 dan nilai presisi sebesar 0,9926. Gambar 4.6 dalah grafik nilai akurasi dan presisi dari pembacaan sensor ketiga, dengan nilai akurasi sebesar 0,9914 dan nilai presisi sebesar 0,9909.

Ketika sensor diletakkan pada *mini plant seawater reverse osmosis* didapatkan nilai rata-rata dari aliran air yang masuk kedalam membran *reverse osmosis* yakni sebesar 15,19117 liter per jam. Sedangkan untuk nilai dari keluaran membran atau aliran air yang lolos filter memiliki rata – rata sebesar 3,372 liter per jam dan pada aliran air yang tidak lolos filter memiliki rata – rata sebesar 5,230667 liter per jam. Dari data tersebut, diperoleh selisih nilai dari *flow in* dan *flow out* tidak seimbang yaitu 6,5885. Selisih nilai *flow in* dan *flow out* membuktikan bahwa sistem pada membran *reverse osmosis* memiliki keseimbangan yang kurang baik sehingga hasil dari membran tidak dapat maksimal. Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki akurasi pengukuran melalui penurunan efek kesalahan acak dalam data yaitu dengan data rekonsiliasi.

Dapat dilihat pada gambar 4.8 yang menunjukkan grafik optimasi antara *flow input* pembacaan sensor dengan *flow input* yang sudah diolah menggunakan metode data rekonsiliasi. sehingga dapat digunakan untuk mengetahui keseimbangan sistem. Gambar 4.10 menunjukkan grafik optimasi antara *flow output* 1 yang dibaca oleh sensor dengan nilai *flow output* 1 yang telah diolah menggunakan data rekonsiliasi. Gambar 4.12 menunjukkan grafik optimasi antara pembacaan *flow output* 2 dengan nilai *flow output* 2 yang telah di olah dengan metode data rekonsiliasi.

Dengan hasil optimasi menggunakan metode data rekonsiliasi di setiap pembacaan sensor, maka didapatkan hasil

yang maksimal sehingga menyebabkan sebuah sistem yang lebih seimbang. Dari data *flow input* setelah menggunakan metode data rekonsiliasi, didapatkan nilai rata – rata sebesar 12,995. Untuk *flow out* 1 yaitu aliran yang tidak lolos filter didapatkan nilai rata – rata sebesar 7,426832. Sedangkan nilai *flow out* 2 yaitu aliran yang lolos filter didapatkan nilai rata – rata sebesar 5,56817. Dari rata – rata nilai dari *flow input* dan *flow output* diperoleh selisih nilai 0. Selisih nilai ini membuktikan bahwa *flow input* dan *flow output* memiliki kesimbangan yang tinggi setelah menggunakan metode data rekonsiliasi.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan rancang bangun dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Karakteristik statik dari sensor G1/4" *water flow* untuk pengujian sensor 1 didapatkan *error*, akurasi, presisi yaitu -0,05 ; 0,9210 ; 0,92. Untuk sensor 2 didapatkan *error*, akurasi, presisi yaitu -0,035 ; 0,9930 ; 0,9926. Sedangkan sensor 3 didapatkan *error*, akurasi, presisi yaitu -0,038 ; 0,9914 ; 0,9909 sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 1 masih dalam batas toleransi.
2. Setelah dilakukan data rekonsiliasi didapatkan nilai rata – rata sebesar 12,995. Untuk *flow out* 1 yaitu aliran yang tidak lolos filter didapatkan nilai rata – rata sebesar 7,426832. Sedangkan nilai *flow out* 2 yaitu aliran yang lolos filter didapatkan nilai rata – rata sebesar 5,56817 dan memiliki selisih data sebesar 0. Sehingga membuat sistem menjadi seimbang.
3. Masih terdapat data yang menyebabkan *error random* sehingga sebagian data beresilasi. Hal ini dikarenakan pompa yang digunakan merupakan tipe *booster pump*.
4. Metode data rekonsiliasi dapat memperbaiki performansi dan keseimbangan pada sistem sehingga menghasilkan keluaran yang lebih maksimal.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Pengujian sensor harus dilakukan secara teliti karena jika ada kesalahan pada perhitungan maupun pada saat pelaksanaan akan menyebabkan kesalahan dalam perhitungan sensor.
2. Sebaiknya menggunakan pompa selain tipe booster pump agar mengurangi nilai error random sehingga data dapat diolah menggunakan data rekonsiliasi.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Williams, Michael E. 2003. A Brief Review of Reverse Osmosis Membrane Technology. EET Corporation and Williams Engineering Services Company, Inc
- [2] Rakhmawati, Renny dkk. Tanpa Tahun. Otomotatisasi Sistem Pengolahan Air Laut Menjadi Air Tawar Dengan Prinsip Reverse Osmosis Berbasis Mikrokontroller. Surabaya : PENS.
- [3] Pizzi, Nicholas G. 2005. Water Treatment Operator Handbook. United State of America : American Water Works Association
- [4] Indriawati, Katherin, Imam Abadi, & Ali Musyafa'. 2007. Penggunaan Teknik Rekonsiliasi Data Dan Sistem Inferensi Fuzzy Untuk Perbaikan Performansi Statistical Process Control. Surabaya : ITS
- [5] Banzi, Massimo. 2011. Getting Started with Arduino Second Edition. United State of America : O'REILLY
- [6] Romagnoli, Jose A, Mabel Cristina Sanchez. 2000. Data Processing and Reconciliation for Chemical Process Operations Volume 2. California : Academic Press.
- [7] Basuki, Achmad. 2006. Algoritma Pemrograman 2 Menggunakan Visual Basic 6.0. Surabaya : PENS
- [8] Zheng, Youbin, Shiobhan Dunets and Diane Cayana. Tanpa Tahun. "Reverse Osmosis (Membrane Filtration). Canada : University of Guelph.
- [9] Wijaya, Agung Arief. 2010. Prinsip Kerja Reverse Osmosis.
- [10] Mudjahidin, Nyoman Dita Pahang Putra. 2010. Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Perkembangan Proyek Berbasis Web Studi Kasus Di Dinas Bina Marga Dan Pemantusan. Surabaya : ITS
- [11] Sahu G.K. 2000. Pumps. New Delhi : New Age International.
- [12] Bentley, John P. Principles of Measurement Systems – 4th edition. London : Pearson Education Limited

LAMPIRAN A SPESIFIKASI MEMBRAN

RESIDENTIAL

RO elements for residential use (1.8 inch diameter)

CSM

SPECIFICATIONS:

General Features

Model Name	Permeate Flow Rate GPD (L/day)	Salt Rejection %
RE1810-30	30 (114)	98.0%
RE1810-50	50 (189)	98.0%
RE1812-35	35 (132)	98.0%
RE1812-50	50 (189)	98.0%
RE1812-60	60 (227)	98.0%
RE1812-80	80 (303)	98.0%

1. The stated product performance is based on data taken after 30 minutes of operation at the following test conditions:

- 200 mg/L NaCl solution at 60 psig (0.41 MPa) applied pressure
- 15% recovery
- 77 °F (25 °C)
- pH 6.5–7.0

2. Dry type elements are vacuum leak tested using the San Diego Protocol.

3. Permeate flow rate for each element may vary but will be no more than 15%.

4. Dry elements are packaged in a polyethylene bag

□ Wet elements are packaged in a polyethylene bag containing SB(4g/L) + HCl(0.51g/L) solution.

Membrane type:

Thin-Film Composite

Membrane material:

Polyamide (PA)

Element configuration:

Spiral-Wound, Tape Wrapping

Dimensions

Model Name	A	B	C	D	E
RE1810-30	0.67	0.55	10.08	0.98	1.77
RE1810-50	(17mm)	(14mm)	(256mm)	(25mm)	(45mm)
RE1812-35					
RE1812-50	0.67	0.87	11.73	0.98	1.77
RE1812-60	(17mm)	(22mm)	(298mm)	(25mm)	(45mm)
RE1812-80					

*All measurement are in inches



Woongjin Chemical Co., Ltd.

For more information on our products, company and regional contacts, please visit our website at www.csmfilter.com.

Product Specification Sheet / Model RE 1810-30, RE 1810-50, RE 1812-35, RE 1812-50, RE 1812-60, RE 1812-80

Page 1 of 2



These model names are tested and certified under NSF/ANSI standard 58, material requirement only (excluding RE1810-30)

RESIDENTIAL

RO elements for residential use (1.8 inch diameter)

CSM

APPLICATION DATA:

Operating Limits

• Max. Operating Pressure	125 psi (0.86 MPa)
• Max. Feed Flow Rate	2 gpm (0.45 m ³ /hr)
• Max. Operating Temperature	113 °F (45 °C)
• Operating pH Range	2.0–11.0
• Max. Turbidity	1.0 NTU
• Max. SDI (15 min)	5.0
• Max. Chlorine Concentration	< 0.1 mg/L

The information provided in this document is solely for informative purposes. It is the user's responsibility to ensure the appropriate usage of this product. Woongjin Chemical assumes no obligation, liability or damages incurred for the misuse of the product or for the information provided in this document. This document does not express or implies any warranty as to the merchantability or fitness of the products.

GENERAL HANDLING PROCEDURES

- Elements contained in the boxes must be kept dry at room temperature (7–32°C; 40–95°F) and should not be stored in direct sunlight. If the polyethylene bag is damaged, a new preservative solution (sodium bisulfite) must be added and air-tight sealed to prevent drying and biological growth.
- Permeate from the first hour of operation should be discarded to flush out the preservative solution.
- Elements should be immersed in a preservative solution during storage, shipping and system shutdowns to prevent biological growth and freezing. The standard storage solution contains 1% by weight sodium bisulfite or sodium metabisulfite (food grade). For short term storage (i.e. one week or less) 1% by weight sodium metabisulfite solution is adequate for preventing biological growth.
- Keep elements moist at all times after initial wetting.
- Only use chemicals compatible with the membrane elements and components. Use of such chemicals may void the element limited warranty.
- Permeate pressure must always be equal or less than the feed/concentrate pressure. Damage caused by permeate back pressure voids the element limited warranty.

Woongjin Chemical Co., Ltd.

For more information on our products, company and regional contacts, please visit our website at www.csmfilter.com.
Product Specification Sheet / Model RE 1810-30; RE 1810-60; RE 1812-30; RE 1812-60; RE 1812-80

Page 2 of 2

LAMPIRAN B

DATASHEET ARDUINO MEGA 2560

Arduino MEGA 2560



Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical
Specifications

Page 2

How to use Arduino
Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms &
Conditions

Page 7

Environmental Policies
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



radiospares

RADIONICS



Technical Specification

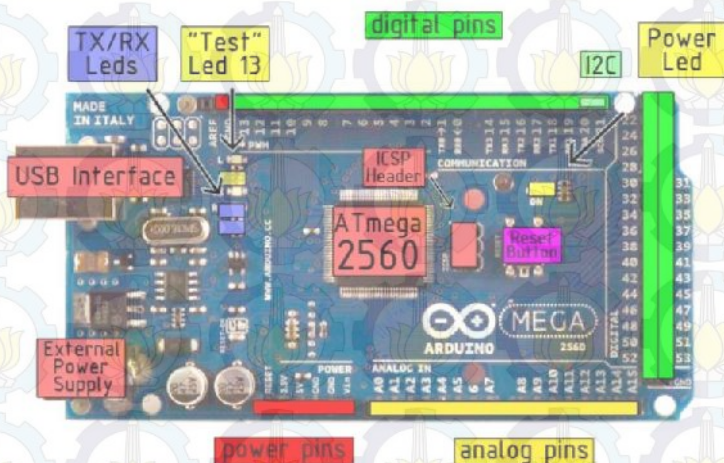


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#), Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



Radiospares

RADIONICS



LAMPIRAN C

SPEKIFIKASI BOOSTER PUMP

Place of Origin : Jiangsu, China (Mainland) Brand
Name : DENG YUAN
Model Number : TYP-2500DH
Theory : Electromagnetic Pump
Structure : Diaphragm Pump
Usage : Water
Power : Electric
Standard or Nonstandard : Standard
Application : Water Purifier
Capacity : 50 GPD
Working Pressure : 80 PSI
Flow at 80PSI : 0.6 LPM
Current at 80PSI : 0.6 A
Pressure Bypass : 125 PSI
Input Voltage : 24 VDC
External Carbon changeable
With two black Jaco connectors
Pump head without Reflux Adjustable

LAMPIRAN D

DATASHEET G1/4" WATER FLOW SENSOR

Specification

Mini. Working Voltage	DC 4.5V
Max. Working Current	15mA(DC 5V)
Working Voltage	5V~24V
Flow Rate Range	0.3~6L/min
Load Capacity	≤10mA(DC 5V)
Operating Temperature	≤80°C
Liquid Temperature	≤120°C
Operating Humidity	35%~90%RH
Water Pressure	≤2.0MPa
Storage Temperature	-25°C~+80°C
Storage Humidity	25%~95%RH

Mechanic Dimensions

Sensor Components

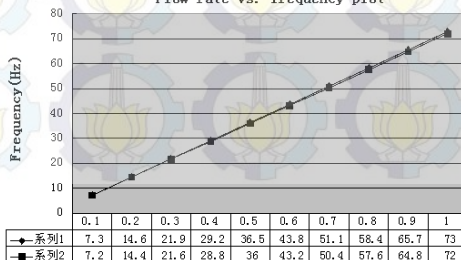
No.	Name	Quantity	Material	Note
1	Valve body	1	PA66+33%glass fiber	
2	Stainless steel bead	1	Stainless steel SUS304	
3	Axis	1	Stainless steel SUS304	
4	Impeller	1	POM	
5	Ring magnet	1	Ferrite	
6	Middle ring	1	PA66+33%glass fiber	
7	O-seal ring	1	Rubber	
8	Electronic seal ring	1	Rubber	
9	Cover	1	PA66+33%glass fiber	
10	Screw	4	Stainless steel SUS304	
11	Cable	1	1007 24AWG	

Output Table

Pulse frequency (Hz) in Horizontal Test= 73Q, Q is flow rate in L/min. (Results in +/- 3% range)

Output pulse high level	Signal voltage >4.5 V(input DC 5 V)
Output pulse low level	Signal voltage <0.5V(input DC 5V)
Precision	3% (Flow rate from 1L/min to 10L/min)
Output signal duty cycle	40%~60%

Flow rate vs. frequency plot



Flow rate(L/MIN)

LAMPIRAN E

LISTING PROGRAM PADA ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal.h>
volatile float NbTopsFan; //measuring the rising edges of the
signal
volatile float NbTopsFan1; //measuring the rising edges of the
signal
volatile float NbTopsFan2; //measuring the rising edges of the
signal
float Calc;
float Calc1;
float Calc2;
int hallsensor = 2;    //The pin location of the sensor
int hallsensor1 = 3;   //The pin location of the sensor
int hallsensor2 = 21;  //The pin location of the sensor
LiquidCrystal lcd1(23, 25, 27, 29, 31, 33);
LiquidCrystal lcd2(22, 24, 26, 28, 30, 32);
LiquidCrystal lcd3(34, 36, 38, 40, 42, 44);

void rpm ()    //This is the function that the interrupt calls
{
    NbTopsFan++; //This function measures the rising and falling
edge of the hall effect sensors signal
}

void rpm1 ()   //This is the function that the interrupt calls
{
    NbTopsFan1++; //This function measures the rising and falling
edge of the hall effect sensors signal
}

void rpm2 ()   //This is the function that the interrupt calls
{
    NbTopsFan2++; //This function measures the rising and falling
edge of the hall effect sensors signal
```

```

}
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //This is the setup function where the serial
  port is initialised,
  pinMode(hallsensor, INPUT); //initializes digital pin 2 as an
  input
  pinMode(hallsensor1, INPUT); //initializes digital pin 3 as an
  input
  pinMode(hallsensor2, INPUT); //initializes digital pin 21 as an
  input
  attachInterrupt(0, rpm, RISING); //and the interrupt is attached
  attachInterrupt(1, rpm1, RISING); //and the interrupt is attached
  attachInterrupt(2, rpm2, RISING); //and the interrupt is attached
  lcd1.begin(16, 2);
  lcd2.begin(16, 2);
  lcd3.begin(16, 2);
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop ()
{
  NbTopsFan = 0; //Set NbTops to 0 ready for calculations
  NbTopsFan1 = 0; //Set NbTops to 0 ready for calculations
  NbTopsFan2 = 0; //Set NbTops to 0 ready for calculations
  sei(); //Enables interrupts
  delay (1000); //Wait 1 second
  cli(); //Disable interrupts
  Calc = ((NbTopsFan * 60) / 73); //(Pulse frequency x 60) / 73Q,
= flow rate in L/hour
  Calc1 = ((NbTopsFan1 * 60) / 73); //(Pulse frequency x 60) /
73Q, = flow rate in L/hour
  Calc2 = ((NbTopsFan2 * 60) / 73); //(Pulse frequency x 60) /
73Q, = flow rate in L/hour
  lcd1.clear();

```

```
lcd1.print("Flow In :");  
lcd1.setCursor(0,1);  
lcd1.print(Calc, 2);  
lcd1.print(" L/Hour");  
lcd2.clear();  
lcd2.print("Flow Out 1 :");  
lcd2.setCursor(0,1);  
lcd2.print(Calc1, 2);  
lcd2.print(" L/Hour");  
lcd3.clear();  
lcd3.print("Flow Out 2 :");  
lcd3.setCursor(0,1);  
lcd3.print(Calc2, 2);  
lcd3.print(" L/Hour");  
}
```


LAMPIRAN F

LISTING PROGRAM VISUAL STUDIO 2013

```
Imports System.Data
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports System.ComponentModel
Imports System.Data.OleDb
Imports MySql.Data.MySqlClient
Public Class Form1
    Dim Alldata As String
    Dim i As Integer
    Dim aryTextFile() As String
    Dim myport As Array
    Delegate Sub SetTextCallBack(ByVal [text] As String)
    Dim MySqlConnection As MySqlConnection
    Dim COMMAND As MySqlCommand

    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs)
        Handles MyBase.Load
        myport = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames
        ComboBox1.Items.AddRange(myport)

        ComboBox2.Items.AddRange(IO.Ports.SerialPort.GetPortNames)
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs)
        Handles Button2.Click
        Timer2.Start()
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
        SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
        SerialPort1.Open()

        Button2.Enabled = True
        Button3.Enabled = True
        MySqlConnection = New MySqlConnection
```

```

MysqlConn.ConnectionString =
"server=localhost;userid=ade;password=swro;database=swro"
End Sub

Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Button3.Click
    SerialPort1.Close()
    Button2.Enabled = False
    Button3.Enabled = False
End Sub

Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles
SerialPort1.DataReceived
    ReceivedText(SerialPort1.ReadLine())
End Sub

Private Sub ReceivedText(ByVal text As String)
    If Me.RichTextBox2.InvokeRequired Then
        Dim x As New SetTextCallBack(AddressOf
ReceivedText)
        Me.Invoke(x, New Object() {(text)})
    Else
        Me.RichTextBox2.Text &= (text)
        TextBox1.Text = RichTextBox2.Text

        RichTextBox2.Clear()
        Alldata = TextBox1.Text
        aryTextFile = text.Split(";")

        Try
            TextBox2.Text = aryTextFile(0)
            TextBox3.Text = aryTextFile(1)
            TextBox4.Text = aryTextFile(2)
        End Try
    End If
End Sub

```

```
MysqlConn.Open()  
Dim query As String  
query = "insert into swro  
(Time,Date,Flow_In,Flow_Out_1,Flow_Out_2) values ('" &  
Label3.Text & "', '" & Label4.Text & "', '" & TextBox2.Text & "',  
'" & TextBox3.Text & "', '" & TextBox4.Text & "')" 
```

```
COMMAND = New MySqlCommand(query,  
MysqlConn)  
COMMAND.ExecuteNonQuery()  
MysqlConn.Close()
```

```
Catch ex As Exception  
MessageBox.Show(ex.Message)
```

```
Finally  
MysqlConn.Dispose()
```

```
End Try
```

```
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs)  
Handles Timer1.Tick  
Label3.Text = Format(Now, "HH:mm:ss")  
Label4.Text = Format(Now, "dd-MM-yyyy")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer2_Tick(sender As Object, e As EventArgs)  
Handles Timer2.Tick
```

```
Me.Chart1.Series("FIN").Points.AddY(TextBox2.Text)  
End Sub  
End Class
```


LAMPIRAN G
PENGUJIAN WATER FLOW SENSOR 1

NO	STD (L)	Q (Naik)					Q(Turun)					Rata-rata STD
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0,5	8,18	8,04	7,63	7,50	5,77	7,76	6,43	6,72	7,03	7,63	7,27
2	1	7,50	6,67	6,77	6,43	6,72	6,38	6,57	7,56	6,57	6,43	6,76
3	1,5	6,99	6,78	6,59	6,82	6,85	6,99	6,78	6,62	6,55	6,52	6,75
4	2	6,79	6,79	6,84	6,77	6,52	6,55	6,79	6,87	6,79	7,00	6,77
5	2,5	6,43	6,58	6,10	6,18	6,22	6,36	6,52	6,20	6,08	6,11	6,28
6	3	6,29	6,28	6,31	6,29	6,28	6,31	6,24	6,28	6,29	6,21	6,28
7	3,5	7,16	7,31	7,19	7,16	7,27	7,24	7,16	7,19	7,13	7,21	7,20
8	4	7,17	7,24	7,19	7,23	7,16	7,19	7,23	7,36	7,35	7,13	7,22
9	4,5	7,31	7,38	7,36	7,34	7,39	7,36	7,38	7,23	7,42	7,34	7,35
10	5	7,33	6,75	6,86	7,26	6,83	7,03	6,75	6,79	6,86	6,74	6,92

[illegible]

NO	Rata-rata STD	Rata-rata Alat	Standard Deviasi	Koreksi	$y_i - y'$	$(y_i - y')^2$	$t_i \cdot y_i$	t_i^2	y reg	Resid u	R ²
1	7,27	7,40	0,949742	-0,13	-0,18	0,0325	-0,955	52,818	0,239	-0,37	0,14
2	6,76	7,65	0,396098	-0,89	-0,94	0,8757	-5,994	45,687	-0,010	-0,88	0,77
3	6,75	7,15	0,396098	-0,40	-0,45	0,2046	-2,723	45,572	-0,015	-0,39	0,15
4	6,77	6,52	0,177088	0,25	0,20	0,0397	1,681	45,863	-0,004	0,25	0,06
5	6,28	5,83	0,262469	0,44	0,40	0,1563	2,789	39,405	-0,248	0,69	0,48
6	6,28	6,66	0,259307	-0,38	-0,43	0,1876	-2,412	39,410	-0,248	-0,14	0,02
7	7,20	6,80	0,424311	0,40	0,36	0,1261	2,910	51,869	0,208	0,20	0,04
8	7,22	6,73	0,558176	0,50	0,45	0,2015	3,596	52,184	0,218	0,28	0,08
9	7,35	6,66	0,41042	0,69	0,64	0,4117	5,076	54,031	0,281	0,41	0,17
10	6,92	6,91	0,423446	0,01	-0,04	0,0015	0,072	47,864	0,068	-0,06	0,003
Jumlah	68,80		0,49				4,040	474,70			1,91
Rata-rata	6,88	6,83	0,05								
n ²	4733,38										

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

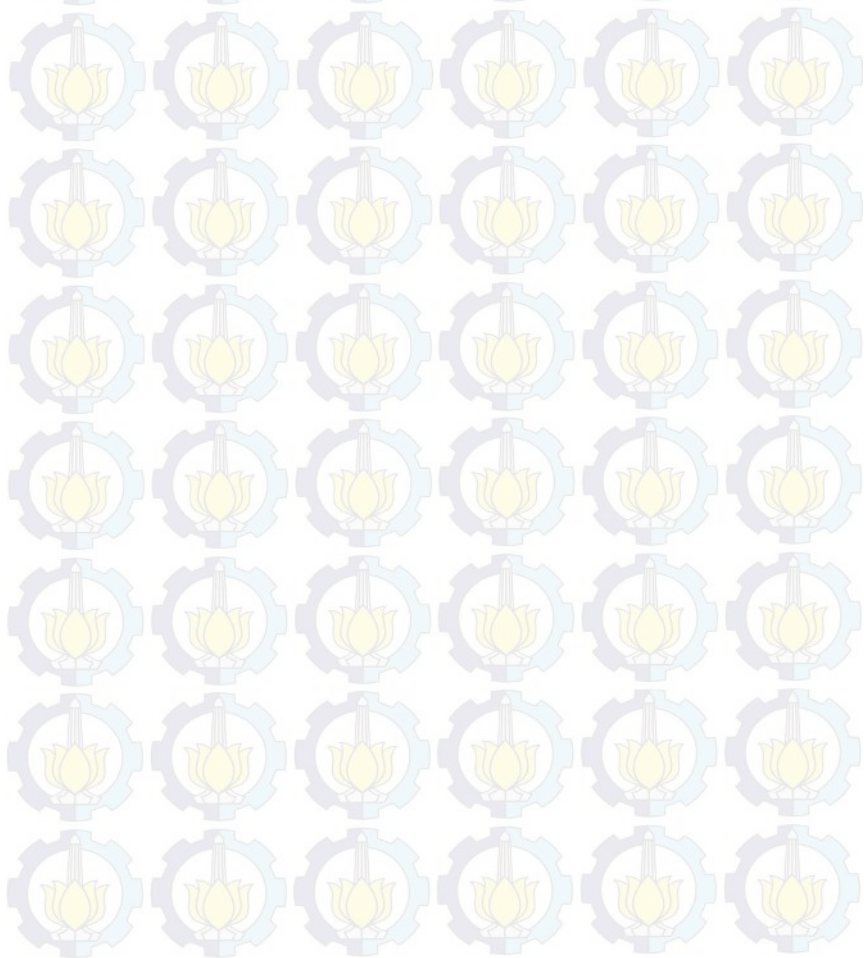
[illegible]

LAMPIRAN J
DATA REKONSILIASI

No.	Pembacaan Sensor			Rekonsiliasi		
	FIN	FO1	FO2	FIN'	FO1'	FO2'
1	14,79	5,75	3,29	12,87349	7,66659	5,206896
2	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
3	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
4	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
5	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
6	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
7	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
8	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
9	15,62	4,93	4,11	13,42667	7,123333	6,303333
10	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
11	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
12	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
13	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
14	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
15	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
16	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
17	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
18	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
19	15,62	4,93	4,11	13,42667	7,123333	6,303333
20	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
21	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
22	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
23	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
24	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
25	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667

26	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
27	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
28	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
29	15,62	5,75	4,11	13,7	7,67	6,03
30	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
31	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
32	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
33	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
34	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
35	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
36	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
37	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
38	14,79	4,93	4,11	12,87333	6,846667	6,026666
39	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
40	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
41	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
42	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
43	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
44	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
45	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
46	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
47	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
48	15,62	5,75	4,11	13,7	7,67	6,03
49	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
50	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
51	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
52	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
53	14,79	5,75	3,29	12,87333	7,666667	5,206667
54	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667
55	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48

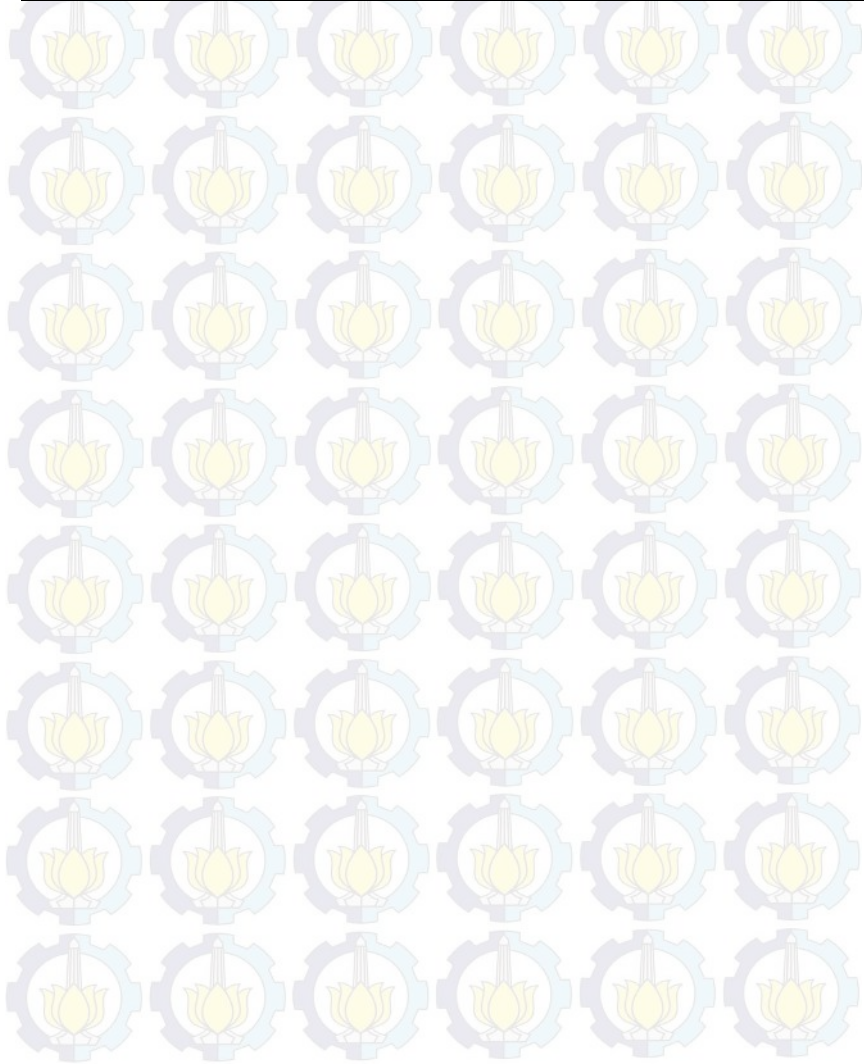
56	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
57	14,79	4,93	4,11	12,87333	6,846667	6,026666
58	15,62	5,75	3,29	13,42667	7,943333	5,483333
59	14,79	4,93	3,29	12,6	7,12	5,48
60	15,62	4,93	3,29	13,15333	7,396667	5,756667



$(F_{IN} - F_{IN'})^2$	$(F_{O1} - F_{O1'})^2$	$(F_{O2} - F_{O2'})^2$	$\Sigma((F_{IN} - F_{IN'}) + (F_{O1} - F_{O1'}) + (F_{O2} - F_{O2'}))^2$
3,673026584	3,67331641	3,674490421	121,4587692
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711295	4,810711046	4,810710992	208,2864726
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
4,810711295	4,810711046	4,810710992	208,2864726
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778

4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
3,686400595	3,68640057	3,686398835	122,3059046
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
3,673613564	3,673611731	3,673608038	121,4587674
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
3,686400595	3,68640057	3,686398835	122,3059046
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
3,673611151	3,673611123	3,673611059	121,4587674
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
3,673613564	3,673611731	3,673608038	121,4587674

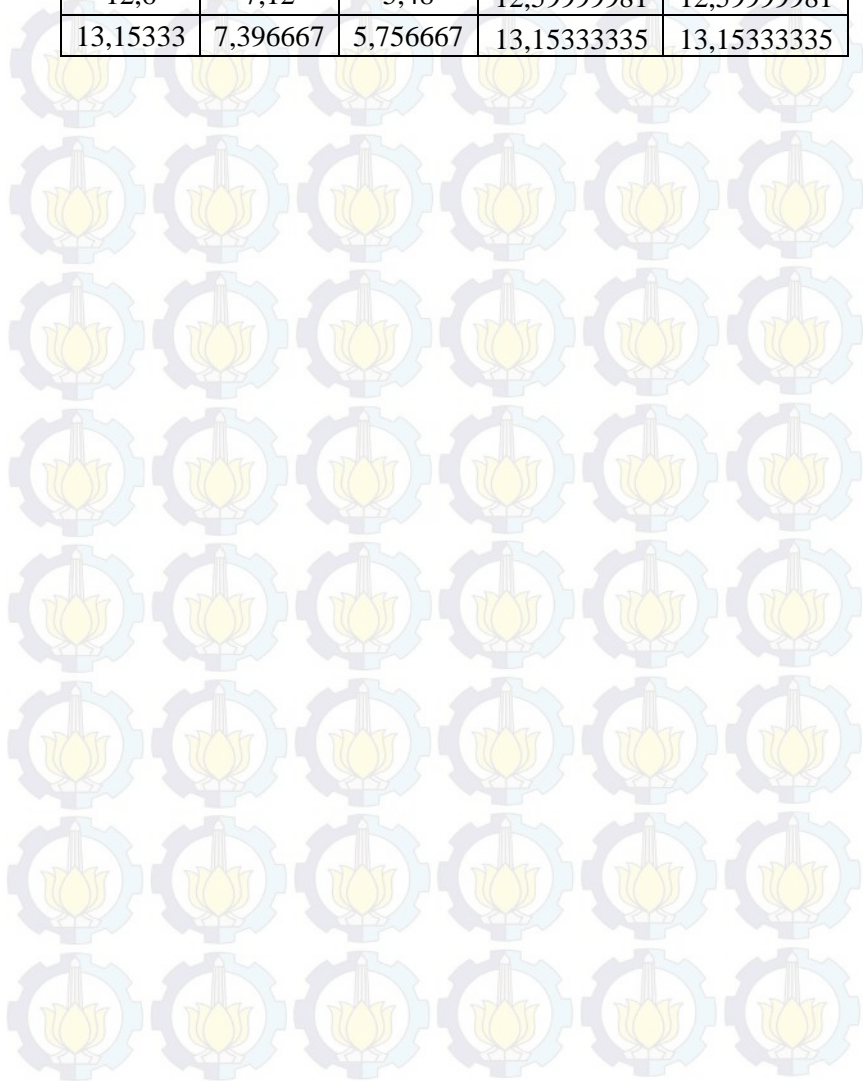
4,810711566	4,810710572	4,810711196	208,2864726
4,796100832	4,796098815	4,796100353	207,0231769
6,084444338	6,084444652	6,084444343	333,1841778



Rekonsiliasi			Mass In	Mass Out
FIN'	FO1'	FO2'		
12,87349	7,66659	5,206896	12,87348582	12,87348582
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,123333	6,303333	13,42666662	13,42666662
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,42667	7,123333	6,303333	13,42666662	13,42666662
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335

12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,7	7,67	6,03	13,69999985	13,69999985
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,87333	6,846667	6,026666	12,87333269	12,87333269
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,7	7,67	6,03	13,69999985	13,69999985
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,87333	7,666667	5,206667	12,87333332	12,87333332
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,87333	6,846667	6,026666	12,87333269	12,87333269

13,42667	7,943333	5,483333	13,42666656	13,42666656
12,6	7,12	5,48	12,59999981	12,59999981
13,15333	7,396667	5,756667	13,15333335	13,15333335



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sukoharjo pada tanggal 11 November 1994. Penulis berasal dari Pengin RT 03 RW 02, Cangkol, Mojolaban, Sukoharjo, Jawa Tengah. Pada tahun 2006, penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN Cangkol 03. Pada tahun 2009, penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 27 Surakarta. Tahun 2012 penulis telah menyelesaikan pendidikan di SMA Warga Surakarta. Pada tahun 2015, penulis mampu menyelesaikan pendidikan Diploma di Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui email adesetyo11@gmail.com.